



**TUGAS AKHIR - RC14-1501**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG  
JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER  
PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 -  
32+100, DAN STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400  
PROVINSI JAWA TIMUR**

**RIFQI ERIAN SAHARA  
NRP 3113 100 149**

**Dosen Pembimbing :  
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA  
Musta'in Arif, S.T, M.T**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - RC14-1501**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG  
JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER  
PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 -  
32+100, DAN STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400  
PROVINSI JAWA TIMUR**

**RIFQI ERIAN SAHARA  
NRP 3113 100 149**

**Dosen Pembimbing :  
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA  
Musta'in Arif, S.T, M.T**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - RC14-1501**

**PLANNING OF EMBANKMENT AND SLOPE STABILIZATION IN DAERAH OPERASI IX JEMBER RAILWAY ON STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, AND STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 EAST JAVA PROVINCE**

**RIFQI ERIAN SAHARA  
NRP 3113 100 149**

**Academic Supervisor :  
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA  
Musta'in Arif, S.T, M.T**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institut of Technology  
Surabaya 2017**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN  
LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI  
IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 -  
12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, DAN STA. GARAHAN KM. 24+800 -  
25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Geoteknik  
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**RIFQI ERIAN SAHARA**  
NRP. 3113 100 149

Menyetujui :

1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

2. Musta'in Arif, ST., MT.



**SURABAYA,  
27 JULI 2017**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN  
LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI  
IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 –  
12+700 & KM. 14+300 – 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 – 32+100, DAN STA. GARAHAN KM. 24+800 –  
25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**Nama Mahasiswa : Rifqi Erian Sahara**  
**NRP : 3113100149**  
**Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS**  
**Dosen Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA**  
**Dosen Pembimbing II : Musta'in Arif, S.T, M.T**

**Abstrak**

Pembangunan jalur kereta api tidak hanya dilakukan pada daerah yang memiliki kontur datar, tetapi juga dibangun pada daerah perbukitan yang memiliki kontur bervariasi. Di Indonesia terdapat banyak jalur kereta api yang dibangun melewati daerah perbukitan. Salah satunya adalah jalur kereta api Daerah Operasi IX Jember, Provinsi Jawa Timur.

Berdasarkan pelaksanaan pekerjaan Studi Kajian Teknis Penanganan Amblesan Jalan KA Antara Bangil – Banyuwangi pada tanggal 17 Maret 2016 antara pihak pertama yaitu Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Timur Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan dengan pihak kedua yaitu PT. ITS Kemitraan, diketahui terdapat 45 lokasi daerah rawan yang disebabkan oleh 3 hal, yaitu kondisi timbunan rel kereta api yang tidak stabil, lereng di kedua sisi yang rawan terjadi kelongsoran, dan banjir yang menyebabkan kelongsoran. Dari 45 lokasi yang ditinjau, terdapat 10 lokasi yang rawan longsor. Tugas akhir ini membahas 4 lokasi dari 10 lokasi yang rawan longsor tersebut, yaitu STA. Sempolan (SPL) yang berada pada KM. 12+600 – 12+700 & KM. 14+300 – 14+800, STA. Kalibaru (KBR) yang berada pada KM. 32+000 – 32+100, dan STA. Garahan (GRN) yang berada pada KM. 24+800 – 25+400.

Berdasarkan masalah tersebut, pada Tugas Akhir ini akan membahas tentang langkah preventif yang harus dilakukan pada 4 lokasi yang ditinjau untuk mendapatkan solusi terhadap kelongsoran yang mungkin terjadi pada timbunan dan lereng jalur kereta api, adapun

langkah yang akan dilakukan adalah dengan melakukan analisis aspek keruntuhan bidang longsor timbunan dan lereng dengan menggunakan program bantu PLAXIS yang berbasis *finite element* dan merencanakan perkuatan yang tepat dan murah. Pihak PT. Kereta Api Indonesia selaku *Owner* mengisyaratkan faktor keamanan (*safety factor*, SF) minimal 1,5 berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012.

Oleh sebab itu, timbunan dan lereng jalur kereta api yang memiliki SF dibawah 1,5 perlu diberi perkuatan tanah untuk mencegah terjadinya permasalahan dan menjamin kondisi badan jalan rel yang baik. Terdapat beberapa alternatif perkuatan timbunan dan lereng seperti cerucuk, *geotextile*, turap, *grouting*, *counterweight* dan bronjong. Namun, perkuatan dengan menggunakan *geotextile* tidak dapat diaplikasikan pada timbunan atau lereng jika pemasangan perkuatan tersebut harus membongkar rel kereta api yang sudah ada, sebab pihak PT. KAI menghendaki tidak adanya pembongkaran rel kereta api dan aktifitas yang mengganggu kelancaran arus transportasi kereta api.

**Kata kunci : Timbunan, Lereng, Kelongsoran, Cerucuk, Turap, Grouting, Bronjong, Counterweight, PLAXIS.**

**PLANNING OF EMBANKMENT AND SLOPE  
STABILIZATION IN DAERAH OPERASI IX  
JEMBER RAILWAY STA. SEMPOLAN KM. 12+600 –  
12+700 & KM. 14+300 – 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 – 32+100, AND STA. GARAHAN KM. 24+800 –  
25+400 EAST JAVA PROVINCE**

**Name** : Rifqi Erian Sahara  
**NRP** : 3113100149  
**Department** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA  
**Co-Supervisor** : Musta'in Arif, S.T, M.T

**Abstract**

The construction of railway line not only built in a flat contour area, it also built through the hills which have varying contour. In Indonesia, there are many railway line that built through the hills. One of them is Daerah Operasi IX Jember, East Java Province. Based on Technical Survey in Bangil – Banyuwangi Railway that was held on 17 March 2016 between the first party “Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Timur Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan” and the second party “PT. ITS Kemitraan”, concludes 45 locations of unstable area affected by 3 reason, i.e. unstable embankment, unstable slope, and landslide that caused by flood. From 45 locations under review, there are 10 of 45 locations that prone to landslides. This Final Project discussed 4 of 10 locations that are prone to landslides, namely STA. Sempolan (SPL) located at STA. Sempolan (SPL) at KM. 12+600 – 12+700 & KM. 14+300 – 14+800, STA. Kalibaru (KBR) at KM. 32+000 – 32+100, and STA. Garahan (GRN) at KM. 24+800 – 25+400.

This Final Project discussed a preventive study to obtain the solution about landslides that might be occur in the embankment and slope of the railway line. As for the steps to be taken is by analyzing aspect of the collapses field of avalanche embakment and slope using “PLAXIS” finite element program and also making an appropriate DED (Detail Engineering Design) for embankment and slope stabilization.

In accordance to Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012, PT. Kereta Api Indonesia as an OWNER requires minimum safety factor of 1,5. Therefore, embankment and slope of railway line that has safety factor less than 1,5 should be treated with soil stabilization to prevents problems and ensure the railway line in good condition. There are several alternatives for embankment and slope stabilization, such as *cerucuk* (mini pile) , geotextile, sheetpiles (*turap*), grouting, *counterweight*, and gabion (*bronjong*). However, geotextile reinforcement can not be applied if the installation process must dismantle the existing railway, because PT. Kereta Api Indonesia requires no dismantling of the existing railway and no activities that disrupt the railway transport.

**Keyword : Embankments, Slopes, Landslides, *Cerucuk*, *Turap*, Grouting, *Bronjong*, Counterweight, PLAXIS.**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini dengan judul **PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN (SPL) KM. 12+600 – 12+700 & KM. 14+300 – 14+800, STA. KALIBARU (KBR) KM. 32+000 – 32+100, DAN STA. GARAHAN (GRN) KM. 24+800 – 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR** dengan baik dan tepat waktu.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis tidak mengerjakan sendirian. Atas seluruh dukungan dan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan penuh dan tidak pernah lelah dalam memberi nasihat kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Musta'in Arif, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Kepada Bapak Tri Joko Wahyu Adi, S.T, M.T, Ph.D selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi selama menempuh pendidikan di Teknik Sipil ITS.
5. Seluruh dosen dan Teknik Sipil ITS yang secara tidak langsung memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
6. Seluruh teman-teman ITS khususnya jurusan Teknik Sipil ITS.

Dengan segenap kerendahan hati, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat baik bagi penulis maupun bagi para pembaca.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Rumusan Masalah.....	5
1.2 Lingkup Pekerjaan.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Timbunan.....	7
2.2 Lereng.....	7
2.3 Kelongsoran.....	8
2.3.1 Klasifikasi Kelongsoran.....	8
2.3.2 Deskripsi Kelongsoran.....	9
2.3.3 Tipe Longsoran.....	11
2.3.4 Faktor – faktor penyebab kelongsoran.....	11
2.4 Software Analisis PLAXIS.....	14
2.5 Perkuatan Timbunan dan Lereng.....	14
2.5.1 Cerucuk.....	14

2.5.2 Grouting .....	22
2.5.3 Turap.....	28
2.5.4 Bronjong .....	31
2.5.5 Counterweight .....	38
2.6 Pembebanan Kereta Api .....	39
<b>BAB 3    METODOLOGI .....</b>	<b>43</b>
3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....	43
<b>BAB 4    DATA    TANAH    DAN    ANALISIS    DATA</b>	
<b>PERENCANAAN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Data Tanah .....	47
4.1.1 Data Bor dan N-SPT.....	47
4.1.2 Data Sondir atau Cone Penetration Test (CPT) .....	49
4.1.3 Korelasi Parameter Tanah Dasar .....	52
4.2 Data Material Perkuatan Timbunan .....	63
4.3 Data Pembebanan Rel Kereta Api.....	63
4.4 Layout Topografi dan Potongan.....	72
<b>BAB 5    PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN .....</b>	<b>73</b>
5.1 Analisis Stabilitas Timbunan dan Lereng Eksisting Jalan Rel .....	73
5.1.1 Safety Factor .....	73
5.1.2 Stabilitas Timbunan dan Lereng Kondisi Existing .....	76
5.2 Perencanaan Perkuatan Timbunan dan Lereng .....	89
5.2.1 Zona A LOKASI : KM. 12+600 .....	90
5.2.2 Zona B LOKASI : KM. 14+800 .....	102
5.2.3 Zona C LOKASI : KM. 32+100 .....	106
5.2.4 Zona D LOKASI : KM. 25+100 .....	112
<b>BAB 6    METODE PELAKSANAAN.....</b>	<b>125</b>

6.1 Pengambilan Keputusan berdasarkan Metode Pelaksanaan	125
6.1.1 Zona A LOKASI : KM. 12+600 .....	125
6.1.2 Zona B LOKASI : KM. 14+800 .....	126
6.1.3 Zona C KM. 32+100 & Zona D KM. 25+100 .....	127
6.2 Metode Pelaksanaan .....	128
6.2.1 Metode Pelaksanaan Zona A (KM 12+600), Zona C (KM 32+100), dan Zona D (KM 25+100).....	128
6.2.2 Metode Pelaksanaan Zona B (KM 14+800) .....	135
BAB 7 KESIMPULAN .....	139
DAFTAR PUSTAKA.....	141
LAMPIRAN 1 Daftar Lokasi dan Peta Daerah Rawan ....	143
LAMPIRAN 2 Data Tanah .....	147
LAMPIRAN 3 Spesifikasi Material Perkuatan .....	159
LAMPIRAN 4 Perhitungan Manual Turap CCSP .....	165
LAMPIRAN 5 Gambar Layout Eksisting dan Perencanaan	174

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Jalur Kereta Api Daop IX Jember .....	3
Gambar 2.1 Ilustrasi Penimbunan .....	7
Gambar 2.2 Kemiringan lereng yang sesuai untuk tingkat pelapukan batuan (Braja M. Das) .....	10
Gambar 2.3 Contoh Pemotongan (Braja M. Das) .....	10
Gambar 2.4 Tipe – tipe longosran (Braja M. Das) .....	11
Gambar 2.5 Prosedur desain untuk tiang yang menerima beban lateral (NAVFAC DM-7 1971) .....	15
Gambar 2.6 Asumsi kedudukan cerucuk/micropiles sebagai penahan terhadap keruntuhan geser di lapangan .....	16
Gambar 2.7 Asumsi tiang pancang kelompok menahan gaya lateral yang di gunakan sebagai dasar mencari tahanan geser cerucuk (Mochtar 2000, dari NAVFAC DM-7, 1971) .....	17
Gambar 2.8 Sketsa kekuatan geser tanah akibat a) tanpa cerucuk b) ada cerucuk .....	18
Gambar 2.9 Grafik untuk mencari besarnya $F_m$ (NAVFAC DM – 7, 1971) .....	19
Gambar 2.10 Mencari harga $f$ untuk berbagai jenis tanah (NAVFAC DM-7, 1971) .....	21
Gambar 2.11 Penggunaan bronjong sebagai dinding penahan tanah .....	31
Gambar 2.12 Bronjong bentuk I (SNI 03-0090-1999) .....	32
Gambar 2.13 Anyaman kawat bronjong (SNI 03-0090-1999) .....	32
Gambar 2.14 Bronjong bentuk II (Sumber : SNI 03-0090-1999) .....	33
Gambar 2.15 Ilustrasi Guling (SNI 03-0090-1999) .....	35
Gambar 2.16 Ilustrasi Geser (SNI 03-0090-1999) .....	36
Gambar 2.17 Korelasi nilai $\phi$ dan faktor daya dukung (Terzaghi) .	37
Gambar 2.18 Prinsip Foundation Stability .....	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan .....	44
Gambar 4.1 Lokasi pengujian Bor KM. 32+000 - 32+100 .....	47
Gambar 4.2 Lokasi pengujian Bor KM. 24+800 - 24+500 .....	48
Gambar 4.3 Boring Log KM. 32+000 - 32+100 .....	48
Gambar 4.4 Boring Log KM. 24+800 - 25+400 .....	49
Gambar 4.5 Lokasi pengujian sondir STA. 12+600 - 12+700 .....	50
Gambar 4.6 Lokasi pengujian sondir STA. 14+300 - 14+800 .....	50

Gambar 4.7 Tekanan conus (kg/cm <sup>2</sup> ) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-19 12+690, S-20 12+650, dan S-21 12+610.....	51
Gambar 4.8 Tekanan conus (kg/cm <sup>2</sup> ) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-15 14+800, S-16 14+695, S-17 14+430, dan S-18 14+325.....	51
Gambar 4.9 Grafik Profil Schmertmann (1978) .....	52
Gambar 4.10 Diagram Plastisitas (ASTM, Casagrande) .....	55
Gambar 4.11 Korelasi undrained shear strength (Cu) untuk clay soils. (Ardana dan Mochtar, 1999).....	56
Gambar 4.12 Grafik korelasi LL dan Cv (After U.S. Navy, 1971)	60
Gambar 4.13 Skema Pembebanan Rencana Muatan 1921 (RM 1921) .....	64
Gambar 4.14 Skema Pembebanan Kereta Api dengan Gandar lebih dari 8.....	65
Gambar 4.15 Pembebanan Total Kereta Api dengan Gandar lebih dari 8.....	65
Gambar 4.16 Potongan melintang timbunan pilihan eksisting .....	65
Gambar 4.17 Ukuran Penampang Rel R.54.....	70
Gambar 4.18 Desain Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus (Lebar Jalan Rel 1067 mm).....	71
Gambar 4.19 Desain Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan (Lebar Jalan Rel 1067 mm) .....	72
Gambar 5.1 Lokasi pengujian sondir KM. 12+600 - 12+700.....	76
Gambar 5.2 Tekanan conus (kg/cm <sup>2</sup> ) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-19 12+690, S-20 12+650, dan S-21 12+610.....	77
Gambar 5.3 Lokasi KM 12+600 .....	77
Gambar 5.4 Geometri STA KM 12+600, menghadap kearah Banyuwangi .....	78
Gambar 5.5 Kondisi Eksisting KM. 12+600 .....	78
Gambar 5.6 Lokasi pengujian sondir KM. 14+300 - 14+800.....	79
Gambar 5.7 Tekanan conus (kg/cm <sup>2</sup> ) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-15 14+800, S-16 14+695, S-17 14+430, dan S-18 14+325.....	79
Gambar 5.8 Lokasi KM 14+800 .....	80
Gambar 5.9 Geometri STA KM 14+800, menghadap kearah Banyuwangi .....	80
Gambar 5.10 Kondisi Eksisting KM 14+800 .....	81

Gambar 5.11 Lokasi Titik Bor & SPT KM. 12+600 - 12+700.....	82
Gambar 5.12 N-SPT v.s Depth (m), B-1 (Sta 32+045).....	82
Gambar 5.13 Lokasi STA KM 32+100, menghadap kearah Bangil	83
Gambar 5.14 Geometri STA KM 32+100, menghadap kearah Banyuwangi .....	83
Gambar 5.15 Kondisi Eksisting STA 32+100 .....	84
Gambar 5.16 Lokasi Titik Bor & SPT KM. 24+800 - 25+400.....	84
Gambar 5.17 N-SPT v.s Depth (m), B-1 s/d B-4, KM 24+800 - 25+400 .....	85
Gambar 5.18 Lokasi STA KM 25+100, menghadap kearah Banyuwangi .....	86
Gambar 5.19 Geometri STA KM 25+100, menghadap kearah Banyuwangi .....	86
Gambar 5.20 Kondisi Eksisting KM 25+100 .....	87
Gambar 5.21 Perkuatan timbunan STA 12+600 .....	90
Gambar 5.22 SF sliding = 1,2148 .....	91
Gambar 5.23 SF sliding = 1,4323 .....	91
Gambar 5.24 Perkuatan timbunan STA. 12+600 .....	92
Gambar 5.25 SF sliding = 1,5757 .....	92
Gambar 5.26 Perkuatan timbunan STA. 12+600 .....	93
Gambar 5.27 SF sliding = 1,3343 .....	93
Gambar 5.28 Perkuatan timbunan STA. 12+600 .....	94
Gambar 5.29 SF sliding = 1,5850 .....	94
Gambar 5.30 Perkuatan Timbunan STA. 12+600.....	95
Gambar 5.31 SF sliding = 1,2119 .....	95
Gambar 5.32 Perkuatan Timbunan STA. 12+600.....	96
Gambar 5.33 SF sliding = 1,2242 .....	96
Gambar 5.34 Perkuatan timbunan STA. 12+600 .....	96
Gambar 5.35 SF sliding = 1,2262 .....	97
Gambar 5.36 Perkuatan Timbunan STA. 12+600.....	97
Gambar 5.37 SF sliding = 1,3224 .....	97
Gambar 5.38 Perkuatan Timbunan STA. 12+600.....	98
Gambar 5.39 SF sliding = 1,3778 .....	98
Gambar 5.40 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	99
Gambar 5.41 Perkuatan timbunan STA.12+600 .....	99
Gambar 5.42 SF sliding = 1,7833 .....	100
Gambar 5.43 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	100
Gambar 5.44 Perkuatan Timbunan STA. 12+600.....	101
Gambar 5.45 SF sliding = 1,9024 .....	101



Gambar 5.46 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	102
Gambar 5.47 Perkuatan timbunan STA. 14+800 .....	102
Gambar 5.48 SF sliding = 1,1001 .....	103
Gambar 5.49 Perkuatan Timbunan STA. 14+800 .....	103
Gambar 5.50 SF sliding = 1,3481 .....	103
Gambar 5.51 Perkuatan Timbunan STA. 14+800 .....	104
Gambar 5.52 SF sliding = 1,3979 .....	104
Gambar 5.53 Perkuatan Timbunan STA. 14+800 .....	104
Gambar 5.54 SF sliding = 1,6026 .....	105
Gambar 5.55 Perkuatan Timbunan STA. 14+800 .....	105
Gambar 5.56 SF sliding = 1,5766 .....	105
Gambar 5.57 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	106
Gambar 5.58 Perkuatan Lereng STA. 25+100 .....	106
Gambar 5.59 SF sliding = 1,2992 .....	107
Gambar 5.60 Perkuatan Lereng STA. 25+100 .....	107
Gambar 5.61 SF sliding = 1,3326 .....	107
Gambar 5.62 Perkuatan lereng STA. 25+100 .....	108
Gambar 5.63 SF sliding = 1,4816 .....	108
Gambar 5.64 Perkuatan lereng STA. 25+100 .....	109
Gambar 5.65 SF sliding = 1,6781 .....	109
Gambar 5.66 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	110
Gambar 5.67 Perkuatan Timbunan STA. 32+100 .....	110
Gambar 5.68 SF sliding = 1,2524 .....	110
Gambar 5.69 Perkuatan Lereng STA. 32+100 .....	111
Gambar 5.70 SF sliding = 1,5833 .....	111
Gambar 5.71 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	112
Gambar 5.72 Perkuatan Lereng STA. 25+100 .....	112
Gambar 5.73 SF sliding = 1,2476 .....	113
Gambar 5.74 Perkuatan Lereng STA. 25+100 .....	113
Gambar 5.75 SF sliding = 1,3439 .....	113
Gambar 5.76 Perkuatan lereng STA. 25+100 .....	114
Gambar 5.77 SF sliding = 1,3733 .....	114
Gambar 5.78 Perkuatan lereng STA. 25+100 .....	115
Gambar 5.79 SF sliding = 1,4994 .....	115
Gambar 5.80 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	116
Gambar 5.81 Perkuatan Lereng STA. 25+100 .....	116
Gambar 5.82 SF sliding < 1 (Collapses) .....	117
Gambar 5.83 Perkuatan Lereng KM. 25+100 .....	117
Gambar 5.84 SF sliding = 1,2652 .....	118

Gambar 5.85 Perkuatan Lereng KM. 25+100.....	118
Gambar 5.86 SF sliding = 1,4555 .....	119
Gambar 5.87 Horizontal Displacement dan Bending Moment .....	119

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelongosran .....	9
Tabel 2.2 Ukuran bronjong bentuk I (SNI 03-0090-1999).....	32
Tabel 2.3 Ukuran bronjong bentuk II (SNI 03-0090-1999).....	33
Tabel 2.4 Pembebanan Kereta Api dengan Lebar Gandar 1067mm (PERMEN Perhubungan RI No. 60, 2012).....	39
Tabel 2.5 Pembebanan Kereta Api dengan Lebar Gandar 1435 mm (PERMEN Perhubungan RI No. 60, 2012).....	39
Tabel 4.1 Station Titik Pengujian Sondir .....	49
Tabel 4.2 Korelasi N-SPT dengan Tahanan Conus (qc) untuk berbagai macam jenis tanah menurut Danziger .....	53
Tabel 4.3 Korelasi antara Cu dan N-SPT .....	54
Tabel 4.4 Korelasi antara Cu dan N-SPT (Mochtar,2006) .....	55
Tabel 4.5 Korelasi N-SPT untuk Menentukan Konsistensi Tanah (Bowles, 1984) .....	57
Tabel 4.6 Nilai-nilai numerik parameter tanah untuk $G_s = 2,70$ (Biarez & Favre).....	58
Tabel 4.7 Kekuatan efektif tanah kohesif & friction angle (Burt Look) .....	59
Tabel 4.8 Taksiran harga E dan $\nu$ (Braja M Das, 1984).....	59
Tabel 4.9 Korelasi harga $C_c$ .....	61
Tabel 4.10 Rekapitulasi korelasi data tanah S19, S20, dan S21 pada STA. 12+600 - 12+700.....	62
Tabel 4.11 Rekapitulasi korelasi data tanah S15, S16, S17, dan S18 pada STA. 14+300 - 14+800.....	62
Tabel 4.12 Parameter Timbunan Pilihan Eksisting .....	67
Tabel 4.13 Parameter Tanah untuk Sub-Ballast.....	67
Tabel 4.14 Parameter Tanah untuk Ballast .....	68
Tabel 4.15 Dimensi Penampang Rel .....	69
Tabel 4.16 Kriteria Kelas Jalan Rel untuk Lebar 1067 mm .....	71
Tabel 4.17 Tabel Penampang Melintang Jalan Rel .....	72
Tabel 5.1 Angka Keamanan Untuk Analisis Timbunan Rel Kereta Menggunakan Parameter drained dan undrained termasuk perilaku anisotropic tanah (Sumber : Geoscience to Risk Management) .....	74
Tabel 5.2 Factor Safety of Existing Slope (Sumber : Geoscience to Risk Management) .....	74
Tabel 5.3 Safety Factor (SF) dari berbagai Standard Yang berlaku	75

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perkuatan Timbunan dan Lereng pada Tiap Lokasi .....	120
---	-----

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

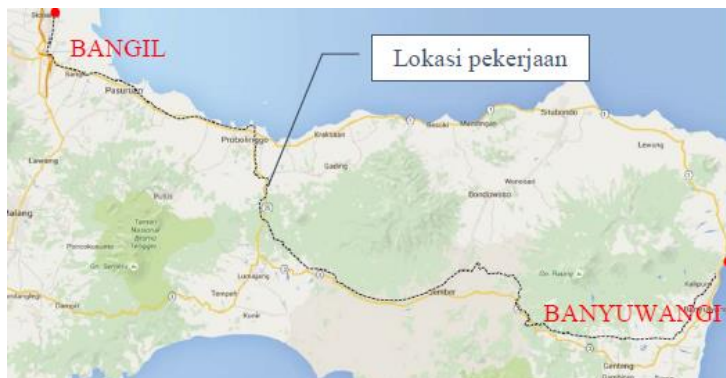
Dalam ruang lingkup ekonomi, transportasi memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Transportasi memegang peranan sentral dalam meningkatkan angka Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Hal tersebut disebabkan karena transportasi mempunyai sifat *derived demand*, yakni apabila penyediaan transportasi meningkat, maka akan menyebabkan kenaikan angka PDB. Dengan kata lain, transportasi dapat meningkatkan permintaan pada kebutuhan yang lain. Peran moda transportasi pada dasarnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia dalam mempermudah dan mengakomodasi seluruh aktifitas ekonomi dan sosial masyarakat. Selain itu, transportasi juga mempunyai peran sebagai fasilitas sistem produksi dan investasi, sehingga memberikan dampak positif pada kondisi ekonomi pada tingkat nasional maupun daerah. Dengan adanya pertumbuhan ekonomi yang baik, akan membantu pemerintah dalam mengurangi angka kemiskinan yang dapat meningkatkan kesejahteraan penduduk.

Keberadaan moda transportasi darat, air, dan udara menjadi faktor yang sangat berperan penting dalam memperlancar roda perekonomian dan pembangunan di Indonesia. Salah satu moda transportasi darat yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah kereta api (KA). Hal tersebut disebabkan karena keunggulan kereta api sebagai moda transportasi darat yang memiliki harga yang cukup terjangkau untuk berbagai kalangan serta kapasitas angkut penumpang dan barang terbesar dalam sekali perjalanan. PT. Kereta Api Indonesia (Persero) sebagai pengelola jasa transportasi perkeretaapian wajib memberikan pelayanan terbaik dalam aspek keamanan, kenyamanan, dan ketepatan waktu kepada pengguna jasanya. PT. Kereta Api Indonesia menyebutkan volume penumpang perjalanan kereta api mengalami peningkatan minimal 6 % dalam setiap tahunnya (Republika, 2016). Hal tersebut mendorong pemerintah untuk terus meningkatkan pembangunan infrastruktur sebagai prioritas utama dalam mengembangkan dunia perkeretaapian di Indonesia.

Pemerintah merencanakan pembangunan jalur kereta api di empat pulau selain Jawa dalam kurun waktu 2015 – 2019. Proyek jalur kereta api tersebut berada di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Pembangunan jalur kereta api tersebut direncanakan sepanjang 3.000 kilometer dan diperkirakan menghabiskan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) sekitar Rp. 105,6 triliun. Hal tersebut tertuang dalam Rencana Strategis Perkeretaapian 2015 – 2019 yang disusun oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian (Ditjen KA) Kementerian Perhubungan. Saat ini jalur kereta api hanya tersedia di Pulau Jawa dan Sumatra. Dari 6.324 km jalur KA yang tersedia di Pulau Jawa, tercatat hanya 3.600 km yang beroperasi. Sedangkan di Sumatera, jalur kereta api yang aktif sepanjang 1.369 km dari total 1.835 km yang tersedia (Pusat Komunikasi Publik Departemen Perhubungan, 2015).

Pembangunan jalur kereta api tidak hanya dilakukan pada daerah yang berkontur datar, tetapi juga dibangun pada daerah perbukitan yang memiliki kontur bervariasi. Saat ini di Indonesia telah banyak dibangun jalur kereta api yang melewati daerah perbukitan. Salah satunya adalah jalur kereta api Daerah Operasi IX Jember, Provinsi Jawa Timur.

Jalur ini berada pada zona timur pulau Jawa yang menghubungkan antara Bangil – Banyuwangi, rute ini dimulai dari batas wilayah Daerah Operasi IX pada KM 48+400 Bangil sampai dengan Stasiun Banyuwangi Baru (BWB) seperti pada **Gambar 1.1**. Hingga saat ini semua lintasan kereta api Daerah Operasi IX masih menggunakan sistem jalur *single track*. Terdapat 2 terowongan kereta api dan 38 stasiun kereta api yang aktif beroperasi pada jalur ini. Daerah Operasi IX memiliki jalur yang sebagian besar melintasi area perbukitan. Berdasarkan pelaksanaan pekerjaan **Studi Kajian Teknis Penanganan Amblesan Jalan KA Antara Bangil – Banyuwangi** (Paket KPAB) nomor : 05/SPP/KPAB/PPK-R/BTP-JT/III/2016, tanggal 17 Maret 2016 antara pihak pertama yaitu Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Timur Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan dengan pihak kedua yaitu PT. ITS Kemitraan, diketahui bahwa beberapa lokasi di lintas jalur ini pernah mengalami kelongsoran pada timbunan dan lereng di kedua sisinya.



Gambar 1.1 Peta Jalur Kereta Api Daop IX Jember

Berdasarkan hasil studi tersebut, daerah rawan disepanjang jalur kereta api terletak pada lokasi yang berbeda – beda sebanyak 45 lokasi, uraian lokasi daerah rawan dan sketsa daerah rawan dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Kategori daerah rawan tersebut disebabkan oleh 3 (tiga) hal, yaitu kondisi timbunan rel kereta api yang tidak stabil, lereng di kedua sisi yang rawan terjadi kelongsoran, dan banjir yang menyebabkan kelongsoran.

Berdasarkan masalah tersebut, pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis aspek keruntuhan timbunan dan lereng dengan menggunakan program bantu PLAXIS yang berbasis *finite element*. Analisis keruntuhan dilakukan untuk mendapatkan faktor keamanan (*safety factor, SF*) pada timbunan dan lereng eksisting. Faktor keamanan pada kondisi kritis adalah 1,0. Pada beberapa lokasi yang pernah mengalami kelongsoran kemungkinan memiliki faktor keamanan (*SF*) dibawah angka 1,0. Bila kondisi ini dibiarkan, maka rel kereta api yang berada di atasnya akan mengalami kerusakan dan membahayakan kereta api yang akan melintas pada jalur ini. Pihak PT. KAI selaku *owner* mengisyaratkan *SF* minimal 1,5 (berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 tentang keamanan minimal timbunan rel kereta api).

Dari kondisi di atas maka timbunan dan lereng yang memiliki *SF* dibawah 1,5 perlu diberi perkuatan tanah untuk mencegah terjadinya permasalahan dan menjamin kondisi badan jalan rel yang baik. Terdapat banyak alternatif perkuatan timbunan dan lereng

seperti cerucuk, *geotextile*, turap, *grouting*, dan bronjong. Dalam hal ini perkuatan dengan menggunakan *geotextile* tidak dapat di aplikasikan pada timbunan jika pemasangan perkuatan tersebut harus membongkar rel kereta api yang sudah ada. Sedangkan dari pihak PT. KAI menghendaki tidak adanya pembongkaran rel kereta api.

Dari 45 lokasi yang ditinjau dalam studi yang dilakukan PT.KAI Daop IX Jember dan PT. ITS Kemitraan, terdapat 10 lokasi yang rawan longsor. Tugas akhir ini membahas 4 dari 10 lokasi tersebut yaitu STA. Sempolan (SPL) yang berada pada KM. 12+600 – 12+700 & KM. 14+300 – 14+800, STA. Kalibaru (KBR) yang berada pada KM. 32+000 – 32+100, dan STA. Garahan (GRN) yang berada pada KM. 24+800 – 25+400, potongan memanjang dan melintang lokasi tersebut lihat pada **Lampiran 4**. Lokasi STA. Sempolan berada didalam pedesaan yang memiliki jalan akses yang cukup sulit. Jalur kereta api pada KM. 12+600 – 12+700 dibangun melewati daerah berkontur datar, rel kereta api dibangun diatas timbunan dengan rata – rata ketinggian 5 meter. Jalur kereta api pada KM. 14+300 – 14+800 dibangun melewati daerah perbukitan dan sawah dengan kontur bervariasi, rel kereta api pada lokasi ini dibangun pada lereng dengan rata – rata ketinggian 13 meter. Pada beberapa lokasi di sepanjang jalur ini telah diberi perkuatan eksisting yaitu turap beton dan turap rel kereta api, namun kelongsoran tetap terjadi. Sedangkan jalur kereta api pada KM. 32+000 – 32+100 dibangun melewati daerah lereng, rel kereta api pada lokasi ini dibangun dari pemotongan lereng alam dengan rata – rata ketinggian lereng 9 meter. Begitu pula dengan jalur kereta api pada KM. 24+800 – 25+400 dibangun dari pemotongan lereng alam dengan rata – rata ketinggian lereng 13 meter. Terdapat banyak jalur kereta api yang memiliki ruang bangun jalur kereta api yang sempit dengan ruang bebas disisi samping jalur kereta hanya  $\pm 1$  meter. Banyak tipe *soil improvement* dan *soil reinforcement* yang berkembang dan ada di Indonesia, namun tidak semua metode tersebut dapat diterapkan pada kasus jalan rel Bangil - Banyuwangi. Jalan rel yang akan ditingkatkan stabilitasnya bukan merupakan rencana jalan rel baru, melainkan merupakan *existing single track* yang area bebas dikiri-kanannya sangat terbatas dan dengan tingkat frekuensi *traffic* Kereta Api yang relatif tinggi. Disinilah letak kesulitannya dalam menentukan metode perbaikan dan perkuatan tanah yang tepat.



### 1.1 Rumusan Masalah

Dari uraian yang dituliskan di atas, masalah perencanaan yang harus diselesaikan adalah:

- 1) Operasional dan lalu lintas Kereta Api tidak boleh terganggu.
- 2) Metode soil improvement atau soil reinforcement terpilih harus dapat dilaksanakan dengan keterbatasan lahan bebas (*space* sempit) di sekitar rail track yang ada.
- 3) Lereng cukup tinggi dan curam dengan rata – rata ketinggian 10 meter.
- 4) Jalan akses menuju lokasi terbatas.
- 5) Pihak PT. KAI menghendaki tidak adanya pembongkaran rel kereta api.
- 6) Pada beberapa lokasi di KM. 12+600 – 12+700 dan KM. 14+300 – 14+800, terdapat perkuatan eksisting yaitu FRC Sheet Piles (*Flat Concrete Sheet Piles*) sedalam 4 meter.

### 1.2 Lingkup Pekerjaan

Pada Tugas Akhir ini, lingkup pekerjaan yang akan ditinjau adalah sebagai berikut :

- 1) Menganalisis stabilitas dan aspek keruntuhan timbunan dan lereng untuk mencari nilai *safety factor* (SF) dengan menggunakan program bantu PLAXIS.
- 2) Merencanakan perkuatan timbunan jalur kereta api pada Zona A (KM. 12+600 – 12+700) tinggi timbunan 5 meter dan Zona B (KM. 14+300 – 14+800) tinggi timbunan 13 meter, dimana pada kedua lokasi tersebut terdapat perkuatan eksisting yaitu FRC Sheet Piles (*Flat Concrete Sheet Piles*) sedalam 4 meter namun tetap terjadi longsor.
- 3) Merencanakan perkuatan lereng jalur kereta api pada Zona C (KM. 32+000 – 32+100) tinggi lereng 9 meter dan Zona D (KM. 24+800 – 25+400) tinggi lereng 13 meter, dimana pada kedua lokasi tersebut merupakan lereng tinggi yang belum di beri perkuatan dengan posisi jalan rel berada di dasar tebing.
- 4) Merencanakan metode pelaksanaan dilapangan.

### **1.3 Batasan Masalah**

Pada Tugas Akhir ini, permasalahan dibatasi pada pokok – pokok pembahasan sebagai berikut:

- 1) Tidak membahas Rencana Anggaran Biaya (RAB).

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui perencanaan terbaik yang akan digunakan dalam memperbaiki dan memperkuat stabilitas timbunan dan lereng rel kereta api eksisting.

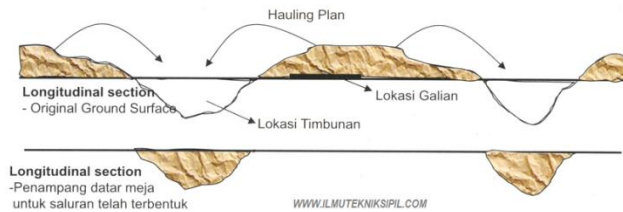
### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah agar hasil yang akan didapatkan dari Tugas Akhir ini dapat dijadikan acuan untuk pelaksanaan pekerjaan Perbaikan dan Perkuatan Tanah Timbunan dan Lereng Jalur Eksisting Daop IX Bangil – Banyuwangi.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Timbunan

Timbunan merupakan bangunan sederhana yang berupa tumpukan tanah yang berfungsi untuk penyesuaian elevasi bangunan lainya seperti rel, bangunan gedung, jalan raya, fasilitas umum, dan lain-lain. Timbunan juga dapat berfungsi sebagai pengganti material eksisting *subgrade* yang tidak memenuhi syarat. **Gambar 2.1** merupakan ilustrasi penimbunan pada suatu bukit, penimbunan membutuhkan volume tanah dari tempat lain untuk penyesuaian kontur. Bentuk yang digunakan untuk penyesuaian suatu kontur biasanya berbentuk trapesium dengan sisi bagian atas disesuaikan dengan lebar jalan atau rel yang ada di atasnya. Kemiringan *slope* yang ada di timbunan juga direncanakan agar timbunan tersebut stabil dan tidak mengalami kelongsoran. Kemiringan *slope* direncanakan biasanya lebih dari 1:1,5 agar tidak terlalu curam, atau bisa juga mengikuti lahan yang ada namun ditambah dengan perkuatan untuk mencegah kelongsoran.



Gambar 2.1 Ilustrasi Penimbunan

### 2.2 Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das 1985). Lereng yang ada secara umum dibagi menjadi dua kategori lereng tanah, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami terbentuk secara alamiah yang biasanya terdapat di daerah perbukitan. Sedangkan lereng buatan terbentuk oleh manusia biasanya untuk keperluan konstruksi, seperti tanggul sungai,

bandungan tanah, tanggul untuk badan jalan kereta api. Lereng alami maupun buatan masih dibagi lagi dalam dua jenis (Soepandji, 1995), yaitu :

1. Lereng dengan panjang tak hingga (*infinite slope*)
2. Lereng dengan panjang hingga (*finite slope*).

### **2.3 Kelongsoran**

Gerakan tanah / longsor adalah perpindahan massa tanah /batuan pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Dalam definisi ini termasuk juga deformasi lambat atau jangka panjang dari suatu lereng yang biasa disebut rayapan (*creep*).

#### **2.3.1 Klasifikasi Kelongsoran**

Penetapan klasifikasi longsor dimaksudkan untuk menyeragamkan istilah, memudahkan pengenalan tipe longsor, membantu dalam menentukan penyebab longsor dan pemilihan cara penanggulangannya. Klasifikasi longsor ditetapkan berdasarkan :

1. Jenis material dan batuan dasarnya.
2. Jenis gerakan/mekanisme longsor dengan diskripsi lengkap mengenai bentuk bidang longsor/gelincir.

Klasifikasi longsor dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kelongosran

JENIS GERAKAN			JENIS MATERIAL		
			Batuan	Tanah	
				Butiran kasar	Butiran Halus
Runtuhan			Runtuhan batu	Runtuhan bahan rombakan	Runtuhan tanah
Jungkiran			Jungkiran batu	Jungkiran bahan rombakan	Jungkiran tanah
Gelinciran	Rotasi	Sedikit	Nendatan batu	Nendatan bahan rombakan	Gelincir bongkah tanah
	Translasi	Banyak	Gelincir bongkahan batu	Gelincir bongkah bahan rombakan	Gelincir tanah
			Gelincir batu	Gelincir bahan rombakan	Gerakan lateral tanah
Gerakan Lateral			Gerakan Lateral batu	Gerakan Lateral bahan rombakan	Gerakan Lateral tanah
Aliran			Aliran batu	Aliran bahan rombakan	Aliran tanah
Majemuk				Rayapan Tanah	
			Gabungan dua atau lebih tipe gerak		

Sumber : Petunjuk-Teknis-Perencanaan-Penanganan-Longsoran

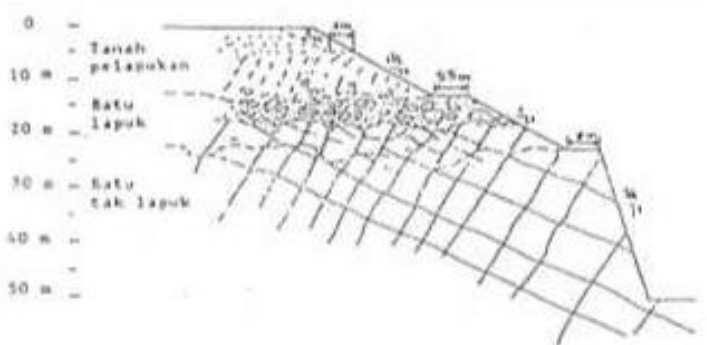
### 2.3.2 Deskripsi Kelongosran

Longsoran perlu diberi diskripsi mengenai sifat lainnya seperti kedalaman, aktivitas atau kecepatannya. Macam material longsoran perlu dibedakan antara tanah (lempung, lanau, pasir, kerikil, atau campuran, residual, kolovial, debris dan seterusnya) dan batuan (serpih, breksi dan seterusnya).

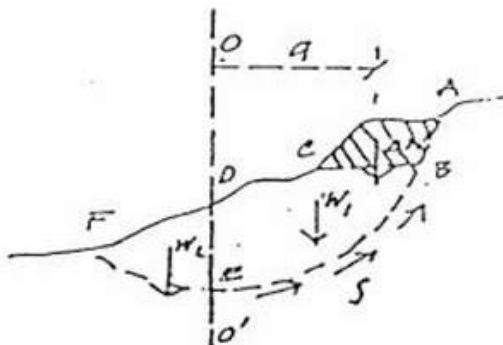
Daerah berpotensi longsor adalah daerah di mana kondisi terrain dan geologi tidak menguntungkan (unfavourable). Daerah ini sangat peka terhadap gangguan – gangguan luar baik yang bersifat

alami maupun aktivitas manusia yang merupakan faktor pemicu longsor.

Pada umumnya lereng yang terjadi secara alami akan menunjukkan kemantapan suatu lereng pada jangka panjang, namun tidak semuanya terjadi seperti demikian. Hal ini dikarenakan dipengaruhi oleh geometrik lereng. Oleh karena itu, perlu adanya perubahan geometrik lereng berdasarkan parameter geotekniknya. **Gambar 2.2** merupakan contoh kemiringan lereng untuk tingkat pelapukan batuan dan **Gambar 2.3** adalah contoh pemotongan lereng.



Gambar 2.2 Kemiringan lereng yang sesuai untuk tingkat pelapukan batuan (Braja M. Das)

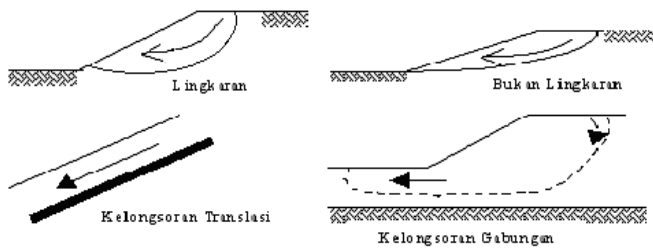


Gambar 2.3 Contoh Pemotongan (Braja M. Das)

### 2.3.3 Tipe Longsoran

Setiap massa tanah yang terletak di bawah permukaan tanah yang miring atau dibawah sisi miring dari suatu galian terbuka memiliki kecenderungan bergerak ke arah bawah dan ke arah luar karena pengaruh gravitasi dan rembesan (*seepage*). Tanah yang longsor dapat merupakan tanah timbunan, tanah yang diendapkan secara alami, atau kombinasi keduanya. Terdapat beberapa tipe longsoran yang sering terjadi seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.4**, diantaranya adalah :

1. Kelongsoran rotasi (*rotational slip*)
2. Kelongsoran translasi (*translational slip*)
3. Kelongsoran gabungan (*compound slip*)



Gambar 2.4 Tipe – tipe longSORan (Braja M. Das)

### 2.3.4 Faktor – faktor penyebab kelongsoran

Beberapa faktor-faktor penyebab kelongsoran antara lain dapat dipengaruhi oleh geologi, topografi, proses cuaca, perubahan struktur tanah lempung dan lanau akibat proses psikokimia, dan pengaruh air dalam tanah.

#### a. Pengaruh Geologi.

Proses geologi dalam pembentukan lapisan-lapisan kulit bumi dengan cara pengendapan sedimen ternyata memungkinkan terbentuknya suatu lapisan yang potensial mengalami kelongsoran. Sebagai contoh adalah pembentukan lapisan tanah sebagai berikut, sungai yang mengalirkan air ke laut membawa partikel- partikel halus yang jumlahnya tergantung dari volume dan kecepatan alirannya, kemudian partikel-partikel tersebut mengendap di dasar laut membentuk

lapisan tanah, dimana penyebaran pengendapannya bisa merata atau tidak merata tergantung arus air laut. Karena pembentukan tiap lapisan terjadi di air maka dasar tiap lapisan adalah air, yang bisa dilihat seringkali sebagai lapisan tipis pada zona pemisah antara lapisan lempung dan lanau kepasiran atau sebagai aliran laminar pada lapisan pasir yang lebih permeable.

Dengan keadaan demikian bila banyak air memasuki lapisan pasir tipis sedangkan pengeluaran air sedikit sehingga keadaan lapisan menjadi jenuh, maka tekanan air akan bertambah dan tekanan air inilah yang akan menyebabkan kelongsoran. Berbeda bila air memasuki lapisan pasir tebal sehingga keadaan lapisan tidak sepenuhnya jenuh air, maka lapisan tersebut bahkan bisa menjadi drainase alamiah.

b. Pengaruh Topografi.

Variasi bentuk permukaan bumi yang meliputi daerah pegunungan dan lembah dengan sudut kemiringan permukaannya yang cenderung besar maupun daerah-daerah dataran rendah yang permukaannya cenderung datar, ternyata memiliki peranan penting dalam menentukan kestabilan. Daerah dengan kemiringan besar tentu lebih potensial mengalami kelongsoran dibanding daerah datar, sehingga kasus kelongsoran sering ditemukan di daerah perbukitan atau pegunungan, dan pada perbedaan galian atau timbunan yang memiliki sudut kemiringan lereng yang besar. Kestabilan lereng terganggu akibat lereng yang terlalu terjal, perlemahan pada kaki lereng dan tekanan yang berlebihan dari beban di kepala lereng. Hal tersebut terjadi karena erosi air pada kaki lereng dan kegiatan penimbunan atau pemotongan lereng yang dilakukan manusia.

c. Pengaruh Proses Cuaca.

Perubahan temperatur, fluktuasi muka air tanah musiman, gaya gravitasi dan relaksasi tegangan sejajar permukaan ditambah dengan proses oksidasi dan dekomposisi akan mengakibatkan suatu lapisan tanah kohesif yang secara lambat laun tereduksi kekuatan gesernya, terutama nilai kohesi dan sudut geser dalamnya.



Pada tanah non kohesif misalnya lapisan pasir, bila terjadi getaran gempa, mesin atau sumber getaran lainnya akan mengakibatkan lapisan tanah tersebut ikut bergetar sehingga pori-pori lapisan akan terisi oleh air atau udara yang akan meningkatkan tekanan dalam pori. Tekanan pori yang meningkat dengan spontan dan sangat besar ini akan menyebabkan terjadinya likuifikasi atau pencairan lapisan pasir sehingga kekuatan gesernya hilang.

d. Perubahan Struktur Tanah Lempung dan Lanau Akibat Proses Psikokimia.

Kehilangan kekuatan geser tanah lanau dan lempung disebabkan yang pertama adalah akibat penyerapan air dan kembang susut tanah, sedangkan yang kedua adalah akibat pertukaran ion dimana ion bebas dalam mineral lempung digantikan ion mineral lain. Seringkali kedua faktor tersebut saling bekerja sama dan mempercepat proses. Misalnya tanah lempung yang menyerap air yang mengandung larutan garam, air tersebut menyebabkan lempung menjadi lunak yang lambat laun akan mereduksi kekuatannya, dan di pihak lain ion garam dapat menggantikan ion bebas mineral lempung sehingga susunan ion lempung berubah yang otomatis mempengaruhi pula kekuatannya.

e. Pengaruh Air Dalam Tanah.

Keberadaan air dapat dikatakan sebagai faktor dominan penyebab terjadinya kelongsoran, karena hampir sebagian besar kasus kelongsoran melibatkan air di dalamnya.

- Tekanan air pori memiliki nilai besar sebagai tenaga pendorong terjadinya kelongsoran, semakin besar tekanan air semakin besar tenaga pendorong.
- Penyerapan maupun konsentrasi air dalam lapisan tanah kohesif dapat melunakkan lapisan tanah tersebut yang pada akhirnya mereduksi nilai kohesi dan sudut geser dalam sehingga kekuatan gesernya berkurang.
- Aliran air dapat menyebabkan erosi yaitu pengikisan lapisan oleh aliran air, sehingga keseimbangan lereng menjadi terganggu.

## 2.4 Software Analisis PLAXIS

PLAXIS (*Finite Element Code For Soil and Rock Analysis*) adalah program permodelan dan postprocessing metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan sipil. PLAXIS menyediakan berbagai analisis teknik tentang displacement, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, dan lain-lain. Program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisis.

Parameter tanah yang digunakan dalam program PLAXIS diantaranya yaitu :

1. Berat Volume Tanah Kering
2. Berat Volume Tanah Basah
3. Permeabilitas Arah Horizontal
4. Permeabilitas Arah Vertikal
5. dan parameter lainnya

## 2.5 Perkuatan Timbunan dan Lereng

Perkuatan timbunan dan lereng yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu Cerucuk, Turap, Bronjong, *Grouting*, dan *Counterweight*.

### 2.5.1 Cerucuk

Perkuatan cerucuk (*micropiles*) adalah perkuatan yang dianggap sebagai kelompok tiang dengan "*rigidcap*" di muka tanah yang menerima gaya horisontal. Gaya horisontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi di sepanjang bidang gelincir (Mochtar, 2000). NAVFAC DM-7 merupakan pedoman yang berasal dari Amerika untuk dapat digunakan dalam mendesain pada bidang geoteknik, seperti mendesain pondasi dalam, dinding penahan tanah, dan lain-lain. Dalam pedoman tersebut pada sub bahasan tiang pondasi yang menerima gaya lateral terdapat 3 kasus, kondisi tiang lateral (lihat **Gambar 2.5**), yaitu :

#### 1) Kasus 1

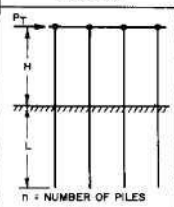

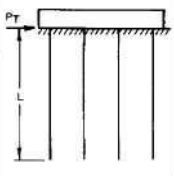

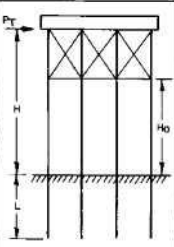
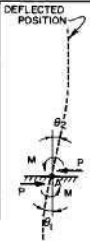
Kondisi dimana tiang pondasi dengan *flexible cap* atau perletakan engsel. Dimana gaya horisontal dan momen yang bekerja terletak pada bagian kepala tiang dan dalam kondisi bebas berotasi.

## 2) Kasus 2

Kondisi dimana tiang pondasi dengan *rigid cap* dapat melawan gaya yang berotasi dipermukaan. Gaya horizontal bekerja pada kepala tiang.

## 3) Kasus 3

Kondisi dimana tiang pondasi dengan *rigid cap* yang memiliki ketinggian diatas permukaan tanah. Gaya yang berotasi dari tiang tergantung dengan pengaruh dari struktur atas dan kemampuan dibawah permukaan tanah.

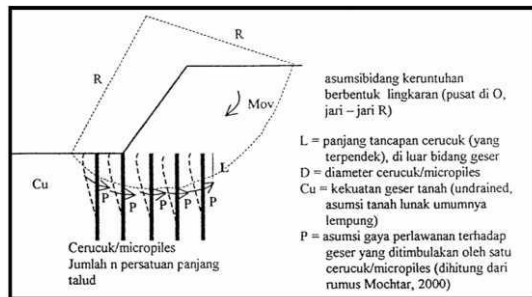
CASE I. FLEXIBLE CAP, ELEVATED POSITION		
CONDITION	LOAD AT GROUND LINE	DESIGN PROCEDURE
 <p><math>n = \text{NUMBER OF PILES}</math></p>	<p>FOR EACH PILE:</p> $P = \frac{P_T}{n}$ $M = PH$  <p>DEFLECTED POSITION</p>	<p>FOR DEFINITION OF PARAMETERS SEE FIGURE 12</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. COMPUTE RELATIVE STIFFNESS FACTOR. <math>T = (\frac{EI}{k})^{1/3}</math></li> <li>2. SELECT CURVE FOR PROPER <math>\frac{L}{T}</math> IN FIGURE 11.</li> <li>3. OBTAIN COEFFICIENTS <math>F_\delta, F_M, F_V</math> AT DEPTHS DESIRED.</li> <li>4. COMPUTE DEFLECTION, MOMENT AND SHEAR AT DESIRED DEPTHS USING FORMULAS OF FIGURE 11.</li> </ol> <p>NOTE: "g" VALUES FROM FIGURE 9 AND CONVERT TO LB/IN<sup>3</sup></p>
CASE II. PILES WITH RIGID CAP AT GROUND SURFACE		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PROCEED AS IN STEP 1, CASE I.</li> <li>2. COMPUTE DEFLECTION AND MOMENT AT DESIRED DEPTHS USING COEFFICIENTS <math>F_\delta, F_M</math> AND FORMULAS OF FIGURE 12.</li> <li>3. MAXIMUM SHEAR OCCURS AT TOP OF PILE AND EQUALS <math>P = \frac{P_T}{n}</math> IN EACH PILE.</li> </ol>
CASE III. RIGID CAP, ELEVATED POSITION		
	<p>DEFLECTED POSITION</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ASSUME A HINGE AT POINT A WITH A BALANCING MOMENT M APPLIED AT POINT A.</li> <li>2. COMPUTE SLOPE <math>\theta_2</math> ABOVE GROUND AS A FUNCTION OF M FROM CHARACTERISTICS OF SUPERSTRUCTURE.</li> <li>3. COMPUTE SLOPE <math>\theta_1</math> FROM SLOPE COEFFICIENTS OF FIGURE 13 AS FOLLOWS: <math display="block">\theta_1 = F_\theta \left( \frac{P_T^2}{EI} \right) + F_\theta \left( \frac{MT}{EI} \right)</math></li> <li>4. EQUATE <math>\theta_1 = \theta_2</math> AND SOLVE FOR VALUE OF M.</li> <li>5. KNOWING VALUES OF P AND M, SOLVE FOR DEFLECTION, SHEAR, AND MOMENT AS IN CASE I.</li> </ol> <p>NOTE: IF GROUND SURFACE AT PILE LOCATION IS INCLINED, LOAD P TAKEN BY EACH PILE IS PROPORTIONAL TO <math>I/H_0^3</math>.</p>

Gambar 2.5 Prosedur desain untuk tiang yang menerima beban lateral (NAVFAC DM-7 1971)

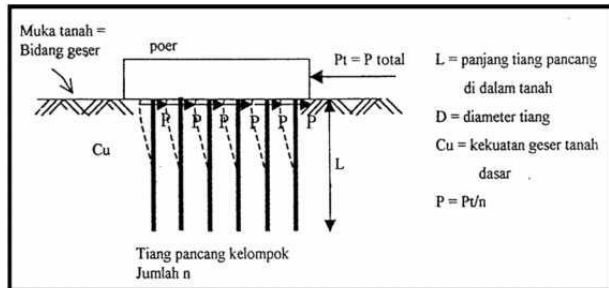
Mochtar (2000) telah mengembangkan teori penambahan tahanan geser dari tanah akibat adanya cerucuk. Teori ini berdasarkan pada teori tiang pancang penahan gaya horisontal oleh NAVFAC DM-7 (1971) khusus pada kondisi kasus 2 diatas. Pada teori tersebut daya dukung geser tiang pancang terhadap gaya lateral pada suatu tanah dipengaruhi oleh kekakuan dan kekuatan lentur dari tiang pancang tersebut, panjang penetrasi tiang yang masuk pada tanah diukur dari permukaan tanah, kekuatan geser tanahnya sendiri, dan jumlah tiang pancang.

Dalam **Gambar 2.6** dan **Gambar 2.7** asumsi-asumsi yang digunakan dalam teori penambahan tahanan geser dari tanah akibat adanya cerucuk oleh Mochtar (2000) adalah sebagai berikut :

1. Kelompok cerucuk dianggap sebagai kelompok tiang dengan *rigid cap* di muka tanah yang menerima gaya horisontal.
2. Gaya horisontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi di sepanjang bidang gelincir.

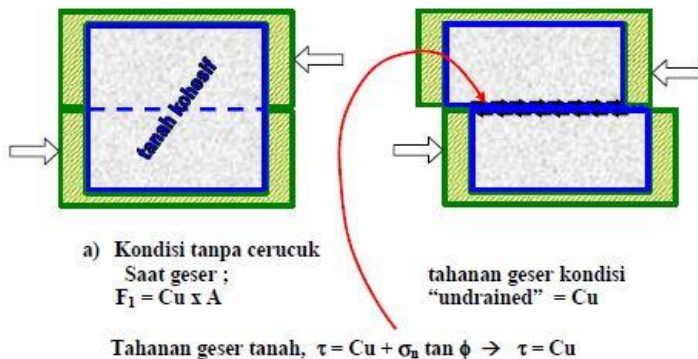


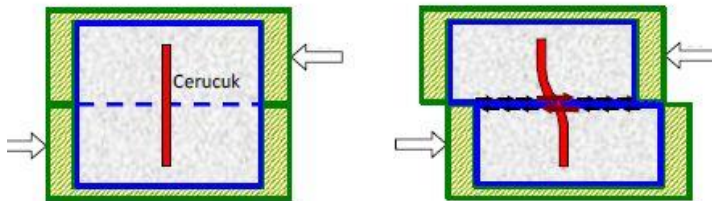
Gambar 2.6 Asumsi kedudukan cerucuk/micropiles sebagai penahan terhadap keruntuhan geser di lapangan



Gambar 2.7 Asumsi tiang pancang kelompok menahan gaya lateral yang di gunakan sebagai dasar mencari tahanan geser cerucuk (Mochtar 2000, dari NAVFAC DM-7, 1971)

Cerucuk digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan tahanan geser tanah. Apabila komponen tahanan tanah terhadap geser meningkat maka daya dukung tanah juga menjadi meningkat. Cerucuk dapat berfungsi menahan gaya geser lebih besar dibandingkan dengan tanah. Dalam **Gambar 2.8** menjelaskan bahwa dengan adanya cerucuk pada tanah maka kekuatan geser tanah menjadi meningkat dibandingkan pada kondisi tanpa cerucuk.





**b) Kondisi adanya cerucuk**  
 Saat geser ;  
 $F_2 = (C_u \times A) + P$

*Gambar 2.8 Sketsa kekuatan geser tanah akibat a) tanpa cerucuk b) ada cerucuk*

Dalam teori Mochtar (2000) untuk menghitung kebutuhan cerucuk per meter, terlebih dahulu ditentukan kekuatan 1(satu) cerucuk untuk menahan gaya horisontal. Pada Persamaan (12) menunjukkan gaya horisontal (P) yang mampu ditahan oleh 1(satu) tiang. Dalam persamaan tersebut, gaya horisontal (P) adalah merupakan fungsi perbandingan dari momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban P ( $M_p$ ) dengan koefisien momen akibat gaya lateral P ( $F_m$ ) dan faktor kekakuan relatif (T).

$$P = \frac{M_p}{F_m \times T} \dots \dots \dots (12)$$

dengan :

$M_p$  = momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban P, kg-cm

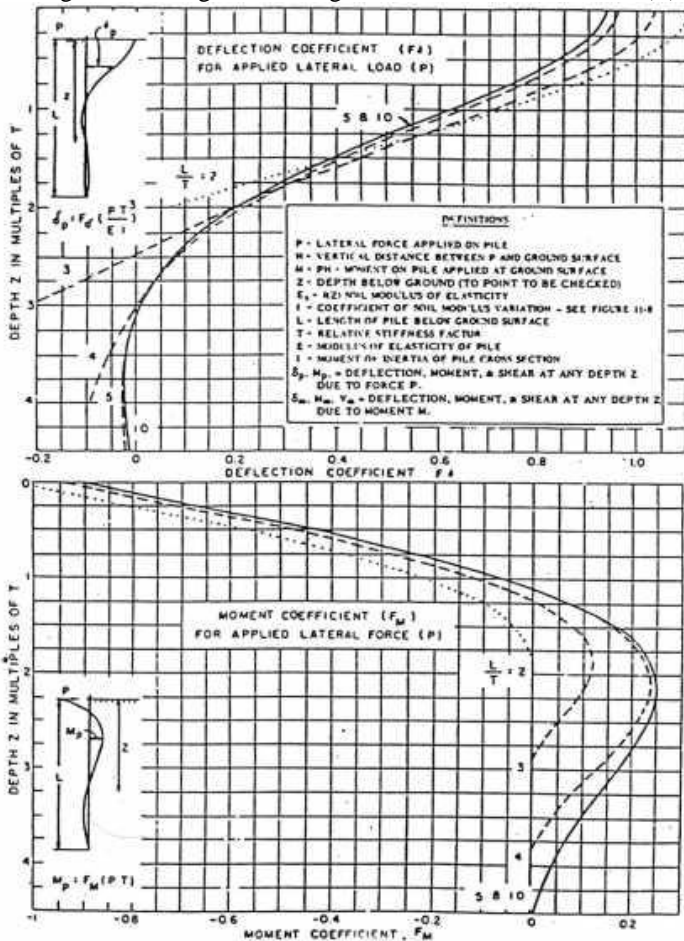
$F_m$  = koefisien momen akibat gaya lateral P

P = gaya horisontal yang diterima cerucuk, kg

T = faktor kekakuan relatif, cm

Momen lentur yang bekerja pada cerucuk ( $M_p$ ) ditentukan dengan terlebih dahulu mengetahui kekuatan bahan cerucuk ( $\sigma_{max}$  bahan) dan dimensi cerucuk. Persamaan momen lentur yang bekerja pada cerucuk ditunjukkan dalam Persamaan (13). Sedangkan koefisien momen akibat gaya lateral P ( $F_m$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan *chart* pada **Gambar 2.9** (dari *design manual*, NAVFAC DM-7 1971). Variabel yang diperlukan pada *chart* tersebut

adalah panjang cerucuk yang tertahan dibawah bidang gelincir (L) pada lingkaran kelongsoran lereng dan faktor kekakuan relatif (T).



Gambar 2.9 Grafik untuk mencari besarnya Fm (NAVFAC DM - 7, 1971)

Momen lentur yang bekerja pada cerucuk (M<sub>p</sub>) :

$$M_{pmax1cerucuk} = \frac{\sigma_{maxbahan} \times ln}{c} \dots\dots\dots(13)$$

Atau :

$$M_{pmax1cerucuk} = \sigma_{max}.W.....(14)$$

dengan :

$\sigma_{max}$  = Tegangan tarik/tekan maksimum dari bahan cerucuk.

$I_n$  = Momen inersia penampang cerucuk terhadap garis yang melewati penampang.

$C$  = 0,5 D, D = diameter cerucuk

$W$  =  $I_n / C$

Selain itu variabel faktor kekakuan relatif (T) juga ditentukan terlebih dahulu dan ditunjukkan dalam persamaan 2.12 seperti yang telah dijelaskan dalam NAVFAC DM-7, 1971.

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}.....(15)$$

dengan :

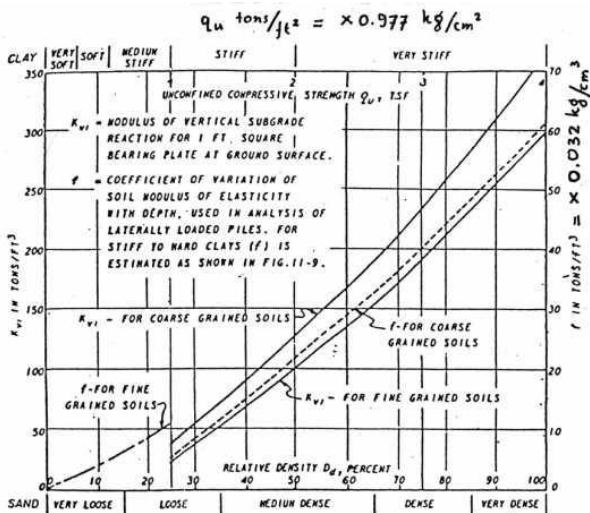
E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm<sup>2</sup>

I = momen inersia tiang (cerucuk), cm<sup>4</sup>

F = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm<sup>3</sup>

Dalam persamaan (15) terdapat variabel f (koefisien dari variasi modulus tanah) yang ditentukan menggunakan kurva yang dijelaskan dalam **Gambar 2.10**.





Gambar 2.10 Mencari harga  $f$  untuk berbagai jenis tanah (NAVFAC DM-7, 1971)

Jadi,

$$P \text{ max (1 cerucuk)} = \frac{M_{p \text{ max 1 cerucuk}}}{F_m \times T} \dots\dots\dots(16)$$

Persamaan (16) diatas adalah untuk menentukan 1 buah cerucuk untuk menaha gaya horisontal oleh (Mochtar 2000). Persamaan tersebut kemudian dikembangkan oleh Mochtar dan Arya (2002). Mochtar dan Arya (2002) telah menambahkan faktor koreksi yang mempertimbangkan pengaruh jenis tanah, kedalaman tancap cerucuk, diameter cerucuk, dan jumlah cerucuk, sehingga persamaan (16) menjadi :

$$P_{\text{max}} (1 \text{ cerucuk}) = \frac{M_{p \text{ max}(1 \text{ cerucuk})}}{f_m \cdot T} \times F_k \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

$$F_k = 2,643 \left[ \frac{0,89 + 0,12L/D}{2,69} \right] \left[ \frac{0,855C_u^{-0,392}}{2,865} \right]$$

### **2.5.2 Grouting**

Permeabilitas tanah berbutir-kasar dapat diperkecil dengan cara grouting. Proses tersebut terdiri dari penyuntikan suatu cairan yang sesuai, dikenal dengan sebutan grout, ke dalam pori-pori tanah. Grout tersebut secara berangsur-angsur akan mengeras, sehingga dapat mencegah atau memperkecil rembesan air. Grouting juga menghasilkan kenaikan kekuatan tanah. Cairan yang digunakan untuk grouting meliputi campuran semen air, suspensi lempung, larutan kimia, seperti sodium silikat atau dammar sintetis, dan emulsi bitumen. Penyuntikan (injection) biasanya dilakukan ke dalam suatu pipa yang di masukkan ke dalam tanah atau ditempatkan ke dalam lubang bor dan di tahan dengan sebuah selubung.

Distribusi ukuran partikel tanah menunjukkan jenis grout yang akan digunakan. Partikel-partikel suspensi dalam grout, seperti semen atau lempung, akan merembes pori-pori tanah bila ukuran pori-pori tanah lebih besar dari ukuran partikel tersebut; pori-pori yang lebih kecil dari ukuran ini akan menghalangi partikel untuk menembus tanah. Grout semen dan lempung hanya cocok untuk krikil dan pasir kasar. Untuk pasir sedang dan pasir halus, grout yang digunakan adalah jenis larutan atau emulsi.

Luasnya perembesan untuk suatu tanah tertentu tergantung pada viskositas grout dan tekanan pada waktu penyuntikan. Faktor-faktor ini menunjukkan jarak yang dibutuhkan antara titik-titik penyuntikan. Tekanan penyuntikan harus diperhatikan di bawah tekanan tanah di atasnya, bila tidak akan terjadi pengangkatan (heaving) permukaan tanah dan celah-celah (fissures) di dalam tanah akan terbuka. Untuk tanah yang memiliki variasi ukuran butiran yang besar, adalah bijaksana untuk menggunakan penyuntikan primer dengan grouting yang viskositasnya relatif tinggi untuk mengatasi pori-pori yang besar, kemudian diikuti dengan penyuntikan sekunder dengan grout yang viskositasnya relatif rendah untuk pori-pori yang lebih kecil (R.F.Craig, 1989).

Grouting merupakan suatu metode atau teknik yang dilakukan untuk memperbaiki keadaan bawah tanah dengan cara memasukkan bahan yang masih dalam keadaan cair, dengan cara tekanan, sehingga bahan tersebut akan mengisi semua retakan-retakan dan lubang-lubang yang ada di bawah permukaan tanah, kemudian

setelah beberapa saat bahan tersebut akan 32 mengeras, dan menjadi satu kesatuan dengan tanah yang ada sehingga kestabilan suatu permukaan tanah akan tetap terjaga.

Grouting juga dapat diartikan sebagai metode penyuntikan bahan semi kental (slurry material) ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor, dengan tujuan menutup diskonstruksi terbuka, rongga-rongga dan lubang-lubang pada lapisan yang dituju untuk meningkatkan kekuatan tanah (Dwiyanto, 2005). Sedangkan bahan-bahan yang biasanya dijadikan sebagai material pengisi pada grouting diantaranya campuran semen dan air; campuran semen, abu batu dan air; campuran semen, clay dan air; campuran semen, clay, pasir dan air; asphalt; campuran clay dan air dan campuran bahan kimia.

Fungsi grouting di dalam tanah atau batuan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

- 1) Penetrasi atau Penembusan (permeation/penetration)  
Grouting mengalir ke dalam rongga tanah dan lapisan tipis batuan dengan pengaruh minimum terhadap struktur asli.
- 2) Kompaksi atau Pematatan (compaction/controlled displacement)  
Material grouting dengan konsistensi sangat kental dipompakan ke dalam tanah sehingga mendorong dan memadatkan.
- 3) Rekah Hidrolik (hydraulic fracturing)  
Apabila tekanan grouting lebih besar dari kuat tarik batuan atau tanah yang di grouting, akhirnya material pecah dan grouting dengan cepat menembus zona rekahan.

Manfaat dari suatu pekerjaan grouting antara lain adalah sebagai berikut (Dwiyanto, 2005) :

- 1) Menahan aliran air dan mengurangi rembesan
- 2) Memperkuat tanah dan batuan
- 3) Mengisi rongga dan celah pada tanah dan batuan sehingga menjadi padat
- 4) Memperbaiki kerusakan struktur
- 5) Meningkatkan kemampuan anchor dan tiang pancang
- 6) Menghindarkan dari material fluida yang dapat merusak tanah atau batuan

Berikut merupakan jenis – jenis grouting berdasarkan tujuan, pelaksanaan, dan bahan yang digunakan :

#### A. Jenis *Grouting* Berdasarkan Tujuannya.

Menurut Kadar Budiyanto tahun 2000 didalam bukunya “Pelaksanaan grouting Bendungan Sangiran, Ngawi, Jawa Timur”, berdasarkan tujuannya, tipe grouting dapat dibedakan menjadi 7 yaitu :

##### 1. Sementasi Tirai (Curtain Grouting)

Sesuai dengan namanya sebagai konstruksi penyekat atau tabir, berfungsi sebagai penghalang (cut-off atau barrier) dari rembesan air dalam pondasi bendungan yang cenderung membesar atau bocor. Tujuan utama dari grouting ini adalah membentuk lapisan vertikal kedap di bawah permukaan, disamping juga untuk menambah kekuatan pondasi bendungan. Grouting tirai adalah suatu sistem pelaksanaan 34 grouting di bawah suatu bendungan sepanjang axis bendungan itu sendiri dengan kedalaman tertentu. Dengan grouting tirai ini diharapkan dapat memotong aliran airtanah dari upstream ke downstream atau setidaknya dapat memperpanjang jalannya airtanah sampai batas tertentu sesuai dengan rencana. Grouting tirai menjadi masalah pokok dalam menentukan besarnya angka koefisien permeabilitas (K) pada pembuatan bendungan. Jadi dapat disimpulkan bahwa grouting tirai merupakan masalah sangat penting dalam pembuatan bendungan.

##### 2. Sementasi Selimut (Blanket Grouting)

Blanket grouting dilaksanakan bersamaan atau sebelum grouting tirai, hal ini tergantung dari keadaan geologi setempat. Tujuan dari blanket grouting adalah untuk memperbaiki lapisan permukaan tanah atau batuan pondasi yang langsung berhubungan dengan inti (core). Disamping itu untuk melindungi grouting tirai yang langsung berhubungan dengan seepage water. Biasanya line dari blanket grouting dilebarkan di sebelah luar sebelah grouting tirai. Pada pembuatan lubangnya juga lebih dangkal daripada grouting tirai dan biasanya blanket grouting hanya dilaksanakan di sepanjang river bed saja atau tergantung dari jenis batuan, apabila batuanya bersifat porous,

maka blanket grouting dilaksanakan di sepanjang axis bendungan. Mengenai cara pelaksanaan 35 grouting sama dengan pelaksanaan grouting tirai. Dengan kata lain blanket grouting berguna untuk mengefektifkan grouting tirai.

### 3. Sementasi Konsolidasi (Consolidation Grouting)

Fungsi utama dari grouting konsolidasi adalah sama dengan blanket grouting bahkan dalam beberapa buku konsolidasi juga disebut sebagai blanket grouting. Selain itu fungsi konsolidasi grouting adalah untuk perbaikan kondisi fisik per lapisan tanah permukaan, karena ada kemungkinan permukaan tanahnya retak atau jelek. Pada pelaksanaan konsolidasi grouting ini lubang bor dibuat lebih dangkal dibandingkan dengan lubang bor untuk blanket atau grouting tirai, hal ini mengingat fungsinya yang hanya untuk perbaikan lapisan permukaan tanah saja. Meskipun demikian masih juga diperlukan data-data serta perencanaan lebih lanjut karena untuk menentukan kedalaman lubang bor. Jadi pada dasarnya grouting tirai, blanket grouting dan grouting konsolidasi penting sekali dalam mengatasi masalah-masalah dari gangguan aliran air (seepage atau leakage of water) pada konstruksi bendungan. Selain itu grouting konsolidasi juga bertujuan untuk menyeragamkan dan menguatkan permukaan pondasi bendungan, struktur atau untuk menyelubungi terowongan.

### 4. Sementasi Kontak (Contact Grouting)

Fungsi dari grouting kontak adalah untuk menghubungkan antara lapisan lama dengan lapisan yang baru. Jadi antara lapisan yang sejenis 36 maupun yang berbeda juga bisa, misalnya pada bendungan di bawah concrete pad. Disini dilakukan grouting kontak untuk menghubungkan antar permukaan river bed dengan lapisan concrete. Pada kondisi lain dapat juga dilakukan grouting kontak antara struktur concrete lining terowongan, besi penyangga dengan batuan atau lapisan beton yang rusak

### 5. Sementasi Semprot (Slush Grouting)

Untuk menutup permukaan pondasi bendungan, waduk atau struktur dengan tujuan mencegah kebocoran pada kontak antara pondasi dan material pondasi di atasnya dengan cara

menyemprotkan semen atau mortar pada permukaan batuan pondasi untuk menutup celah, kekar atau rongga. Pemakaian bahan grouting halus dikenal dengan gunting dan grout kasar dikenal dengan shortcreting.

#### 6. Cavity Grouting

Grouting ini digunakan untuk mengisi lubang atau celah antara struktur concrete dengan batuan atau lining terowongan dengan batuan.

#### 7. Sementasi Cincin (Ring/Radial Grouting)

Pada prinsipnya sama dengan grouting tirai yaitu dengan membuat lapisan yang kedap air, tetapi dilaksanakan pada terowongan.

### B. Jenis Grouting Berdasarkan Pelaksanaannya.

Pembagian tipe sementasi berdasarkan metode pelaksanaannya dapat dibagi menjadi 2 metode sementasi, yaitu Single Stage Grouting dan Multiple Stage Grouting. Untuk Multiple Stage Grouting dibedakan lagi menjadi metode Down stage dan Up Stage Grouting.

#### 1. Single Stage Grouting.

Pada metode ini, pemboran dilaksanakan sampai pada kedalaman yang diinginkan, kemudian grouting dilaksanakan sekali mencakup seluruh kedalaman, dengan alat packer sebagai penutup lubang terletak di bagian atas lubang bor (top of hole).

#### 2. Multiple stage Grouting.

##### i. Metode Grouting Up Stage

Dalam pelaksanaan metode ini, lubang grouting dibor hingga mencapai kedalaman yang diinginkan kemudian dipasang sebuah alat packer didalam lubang bor. Alat packer ini berfungsi untuk menutup lubang bor agar campuran semen tidak kembali ke permukaan ketika disemprotkan, sehingga seluruh material suspensi grouting dapat masuk ke sisi samping lubang bor. Kemudian dilakukan grouting stage demi stage mulai dasar lubang bor, menuju ke atas.

## ii. Metode Grouting Down Stage

Pada pelaksanaan metode grouting ini, lubang yang nantinya akan di grouting dipersiapkan terlebih dahulu dengan melakukan pengeboran tahap pertama, kemudian dilakukan pencucian lubang bor dengan air pemboran (washing) hingga kondisi lubang bor cukup bersih. Kemudian dilakukan grouting 38 sepanjang lubang bor dengan kedalaman sesuai stage pertama tersebut. Setelah pelaksanaan stage pertama selesai, tekanan dibiarkan konstan untuk beberapa saat, kemudian alat packer dicabut dan pemboran dilanjutkan kembali pada kedalaman stage selanjutnya. Setelah pelaksanaan grouting selesai hingga mencapai keseluruhan kedalaman yang diinginkan, lubang bor dibersihkan kembali dan ditutup dengan material grouting dengan letak alat packer di atas lubang bor (top of hole).

## C. Jenis Grouting Berdasarkan Bahan yang Digunakan

### 1. Injeksi Bahan Kimia (Chemical Grouting)

Digunakan untuk menahan rembesan pada tanah yang tidak terlalu lulus air dan tidak terlalu kedap air dan yang bersifat sementara (rata – rata 1 tahun) walaupun ada juga beberapa yang umurnya mencapai lebih dari 30 tahun (bersifat permanen). Pelaksanaan metode grouting ini perlu kehati-hatian khusus karena menggunakan bahan kimia yang dapat menyebabkan iritasi bila terjadi kontak dengan kulit manusia. Metode grouting ini hanya dapat menahan rembesan air dan tidak dapat digunakan untuk memperbaiki kekuatan pondasi. Contoh penggunaan metode chemical grouting di Indonesia adalah pada pembangunan Bendungan Selorejo, Sompur, dan Wlingi Raya.

### 2. Injeksi Semen (Sementasi)

Tipe semen yang biasa digunakan pada metode ini biasanya adalah semen tipe I. Untuk tahap pertama digunakan campuran encer yaitu 10 : 1 (10 air : 1 sak semen), kemudian secara berturut – turut 5:1, 2:1, 1:1, dan 0,5 :1. Komposisi pencampuran 0,5 : 1 ini dianggap sebagai komposisi suspensi yang paling kental yang

biasa digunakan. Untuk jenis tanah yang mudah runtuh, komposisi suspensi biasanya ditambahkan dengan bahan bentonit dengan perbandingan berat terhadap semen 2% - 5%. Fungsi dari bentonit dalam injeksi semen ini untuk memperlambat proses pengerasan suspensi semen sehingga memungkinkan suspensi semen dapat mengisi celah – celah butiran yang berada agak jauh dari lubang grouting sehingga sebaran dari grouting juga akan lebih lebar dengan sifat campuran yang tetap homogen.

Apabila tanah yang disementasi sangat porous (berlubang - lubang) maka untuk mengurangi biaya pembuatan material suspensi, campuran suspensi dapat ditambah dengan menggunakan pasir halus yang berfungsi ganda yaitu dapat sebagai bahan campuran pengganti semen sehingga biaya tidak terlalu mahal, selain itu material pasir halus diharapkan dapat mempercepat penutupan pori tanah yang berada dibawah permukaan.

### **2.5.3 Turap**

Konstruksi turap adalah satu konstruksi yang banyak digunakan dalam rekayasa sipil, bisa berupa konstruksi sederhana hingga konstruksi sangat berat. Tiang-tiang turap (*sheet piles*) sering digunakan untuk membangun sebuah dinding yang berfungsi sebagai penahan tanah. Konstruksi turap juga dapat dibuat dari bahan beton ataupun baja. Perkuatan turap dengan menggunakan beton biasanya digunakan untuk perkuatan permanen. Perkuatan ini biasanya terdapat di lereng bukit yang terjal ataupun timbunan yang memang tinggi dan membutuhkan perkuatan. Sedangkan turap baja bisa digunakan sebagai turap permanen bisa juga digunakan untuk turap tidak permanen. Turap baja biasa digunakan untuk *dewatering* air sungai yang akan dibuat pilar.

Dalam memperkirakan dan menghitung kestabilan turap, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Tekanan lateral terjadi karena massa tanah menerima beban akibat tegangan normal maupun berat kolom tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan kearah tegak lurus atau kearah samping. Besarnya tekanan



tanah lateral sendiri sangat dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur turap.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dalam kondisi diam terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan berada dalam kondisi seimbang. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut kedepan. Sementara tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang berusaha mengimbangi tekanan tanah aktif.

1. Tekanan Lateral Aktif

Tekanan aktif merupakan tekanan yang mendorong dinding penahan tanah ke arah horizontal. Sementara dinding penahan tanah harus dalam keadaan seimbang dalam menahan tekanan arah horizontal. Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah  $K_a$ . Rumusan tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H \dots\dots\dots(18)$$

Dimana harga  $K_a$ :

- Untuk tanah datar:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots(19)$$

- Untuk tanah miring:

$$K_a = \left( \frac{\cos \phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \sin(\phi - \delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \dots\dots\dots(20)$$

Dimana:

$\phi$  = sudut geser tanah

$\delta$  = kemiringan tanah

Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \dots\dots\dots(21)$$

Dimana,  $c$  = kohesi tanah.

2. Tekanan Lateral Pasif

Tekanan lateral pasif tanah merupakan tekanan yang melawan arah dari tekanan lateral aktif. Hal ini disebabkan oleh gaya yang mendorong dinding cencerung ke arah urugannya. Tekanan pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah, yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menahan dinding penahan tanah sebelum terjadi kegagalan.

Rumusan tekanan horizontal pasif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H \dots\dots\dots(22)$$

Dimana harga  $K_p$

- Untuk tanah datar adalah:

$$K_p = \frac{1 + \sin Q}{1 - \sin Q} = \tan^2 \left( 45 + \frac{Q}{2} \right) = \frac{1}{K_a} \dots\dots\dots(23)$$

- Untuk tanah miring adalah:

$$K_a = \left( \frac{\cos Q}{1 + \frac{\sin Q \sin(Q + \delta)}{\cos \delta}} \right)^2 \dots\dots\dots(24)$$

Dimana:

Q = sudut geser tanah

$\delta$  = kemiringan tanah

Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ , sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H + 2 \times c \times \sqrt{K_p} \dots\dots\dots(25)$$

3. Pembebanan pada Turap

Beban yang bekerja pada turap terdiri dari:

- a) Tekanan tanah aktif dibelakang turap dan tekanan tanah pasif didepan turap.
- b) Beban permukaan, misal disebabkan oleh lereng tanah.
- c) Beban lainnya, misal tekanan air dari samping.

### 2.5.4 Bronjong

Bronjong termasuk salah satu dinding penahan tanah yang bersifat *gravity wall* atau dinding yang mengandalkan berat sendiri bronjong untuk menahan beban yang ada. Bronjong adalah bangunan penambat berupa anyaman kawat baja berbentuk persegi dan persegi panjang yang kemudian diisi batu belah. Pada penggunaannya bronjong dipasang pada lereng-lereng, tepi sungai untuk menghindari kelongsoran dan erosi yang proses pengerjaannya secara masinal yang biasanya dilakukan dengan cara ditumpuk seperti tangga. Acuan penggunaan bronjong yaitu ada pada SNI 03.0090-1987 tentang Mutu dan Cara Uji Bronjong dan Kawat Bronjong dan syarat bahan baku mengacu pada SNI 03-6154-1999 tentang Kawat Bronjong. Bronjong banyak digunakan karena material yang digunakan mudah diperoleh dan biayanya relatif murah. Contoh penggunaan bronjong sebagai dinding penahan tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.11** dibawah ini.



*Gambar 2.11 Penggunaan bronjong sebagai dinding penahan tanah*

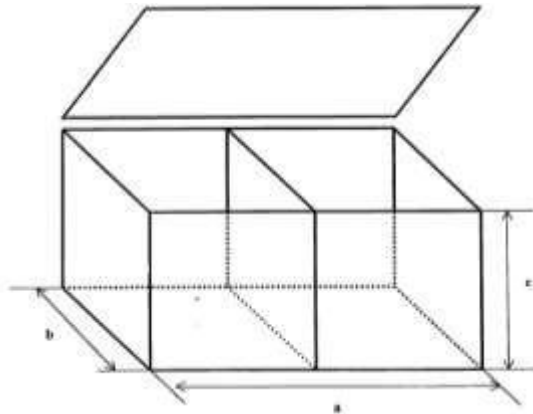
Di Indonesia ada dua tipe bronjong yang biasa digunakan, yaitu :

1. Bronjong bentuk I

Bronjong bentuk I merupakan bronjong dengan bentuk persegi dan persegi panjang memiliki beberapa ukuran seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2.2**, dan sketsa gambarnya dapat dilihat pada **Gambar 2.12** dibawah ini.

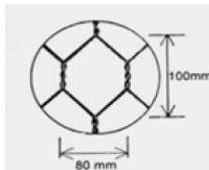
Tabel 2.2 Ukuran bronjong bentuk I (SNI 03-0090-1999)

Kode	Ukuran dalam meter			Jumlah sekat	Kapasitas (m <sup>3</sup> )
	a	b	c		
A	2	1	1	1	2
B	3	1	1	2	3
C	4	1	1	3	4
D	2	1	0,5	1	1
E	3	1	0,5	2	1,5
F	4	1	0,5	3	2



Gambar 2.12 Bronjong bentuk I (SNI 03-0090-1999)

Ukuran anyaman bronjong bentuk I ini yaitu 80mm x 100 mm atau 100 mm x 120 mm dengan Ø kawat anyamannya 2,70 mm atau 3,00mm. Sketsa kawat bronjong bentuk I ini dapat dilihat pada Gambar 2.13 dibawah ini.



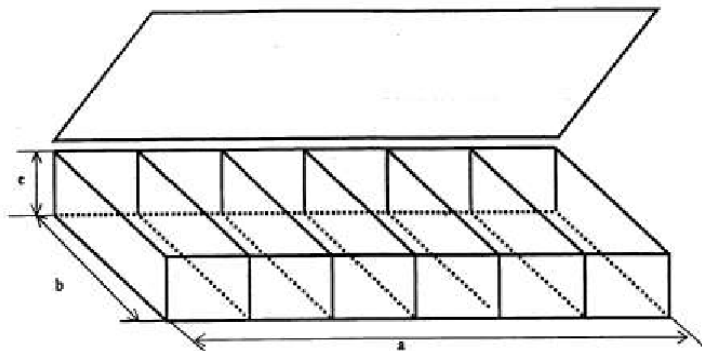
Gambar 2.13 Anyaman kawat bronjong (SNI 03-0090-1999)

## 2. Bronjong bentuk II

Bronjong bentuk II merupakan bronjong dengan bentuk plat dengan beberapa ukuran yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**, sedangkan sketsa gambarnya dapat dilihat pada **Gambar 2.14** dibawah ini.

*Tabel 2.3 Ukuran bronjong bentuk II (SNI 03-0090-1999)*

Kode	Ukuran Dalam Meter			Jumlah sekat	Kapasitas (m <sup>3</sup> )
	A	B	C		
G	6	2	0,17	5	2,04
H	6	2	0,23	5	2,76
I	6	2	0,30	5	3,6



*Gambar 2.14 Bronjong bentuk II (Sumber : SNI 03-0090-1999)*

Ukuran anyaman bronjong bentuk II yaitu 60 mm x 80 mm dengan  $\emptyset$  kawat anyamannya 2,00 mm. Untuk anyaman yang berukuran 80 mm x 100 mm,  $\emptyset$  kawat anyamannya 2,7 mm.

Persamaan dan standar Faktor Keamanan (FK) yang digunakan dalam perencanaan bronjong diambil dari referensi *Modular Gabion System*.

A. Tekanan Aktif Pada Dinding Bronjong

Tekanan utama yang bekerja pada sistem bronjong yaitu gaya vertikal yang mendorong dinding. Menurut teori Coulomb nilai tekanan tanah aktif yang bekerja pada dinding bronjong,  $P_a$  yaitu :

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \times \gamma' \times H^2 \dots\dots\dots(26)$$

Apabila terdapat beban merata diatas permukaan tanah, maka persamaan 25 dimodifikasi menjadi persamaan 26

$$P_a = K_a \left( \frac{\gamma' H^2}{2} + qH \right) \dots\dots\dots(27)$$

Dimana,

$K_a$  : koefisien tekanan tanah aktif

$\gamma'$  : berat volume efektif tanah

$H$  : tinggi dinding bronjong (m)

$q$  : beban terbagi rata

$K_a$  adalah koefisien tekanan tanah aktif, dimana menurut teori Coulomb nilainya adalah :

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cos(\delta + \beta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\delta + \beta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \dots\dots\dots(28)$$

dimana,

$\alpha$  : Sudut kemiringan pada permukaan tanah urugan di belakang dinding bronjong

$\beta$  : Sudut kemiringan bagian belakang dinding bronjong

$\delta$  : Sudut geser antara tanah dan dinding bronjong ( $\delta = 2/3 \phi$ )

$\phi$  : Sudut geser dalam tanah

Nilai  $P_a$  cenderung membentuk sudut  $\delta$  terhadap bidang tegak lurus pada bagian belakang dinding. Namun karena pengaruh gesekan dinding kecil, maka  $\delta$  sering kali diabaikan. Komponen horizontal dari dapat ditulis seperti persamaan 16 dibawah ini.

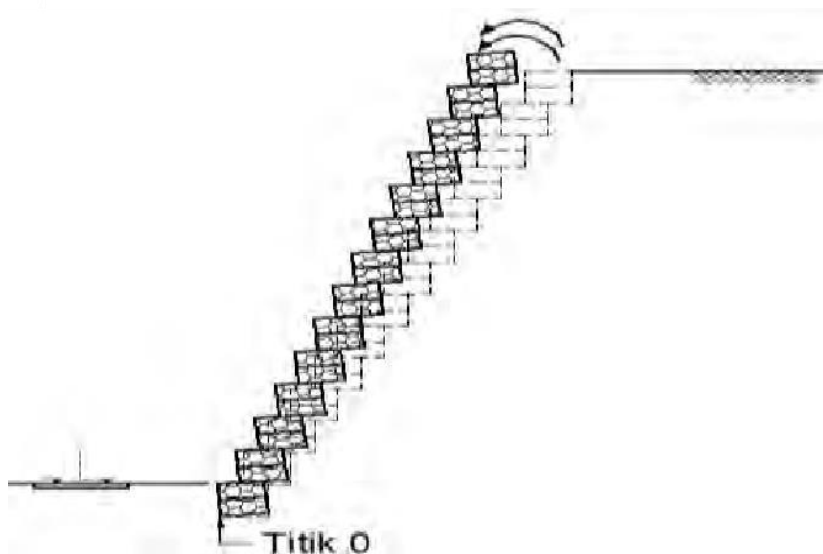
$$P_h = P_a \cos \beta \dots\dots\dots(29)$$

## B. Momen Guling

Prinsip utama dari momen guling dapat ditinjau menggunakan prinsip statika dasar yang dapat dilihat pada persamaan 29 berikut.

$$FK_{guling} = \frac{\text{Momen penahan } (Mr)}{\text{Momen pendorong } (Mo)} \geq 1,5 \dots \dots \dots (30)$$

Momen penahan berasal dari berat sendiri bronjong dikalikan dengan lengan momennya terhadap titik nol (titik guling) sedangkan momen pendorong berasal dari tekanan tanah lateral tanah dikalikan dengan titik nol (titik guling). Hasil dari perhitungan tersebut yaitu berupa nilai FK, dimana nilainya harus  $\geq 1,5$ . Dengan tidak menghiraukan gesekan pada dinding, tekanan tanah aktif memiliki nilai lengan momen  $1/3 H$  dari dasar dinding. Ilustrasi guling dapat dilihat pada **Gambar 2.15** berikut.



Gambar 2.15 Ilustrasi Guling (SNI 03-0090-1999)

### C. Momen Geser

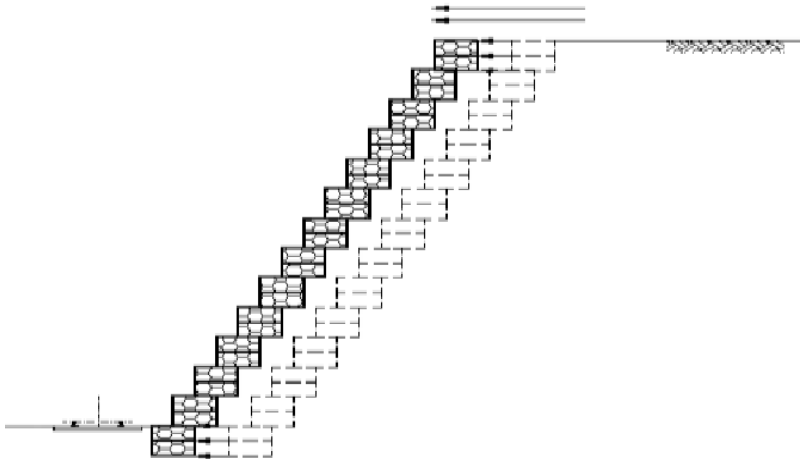
Besarnya tekanan tanah aktif pada dinding bronjong dapat mengakibatkan bronjong mengalami geser. Apabila ini terjadi maka akan mengakibatkan kegagalan struktur, oleh karena itu saat mendesain bronjong, struktur harus mampu menahan gaya dorong tersebut. Perlawanan geser berasal dari berat sendiri bronjong dan tekanan tanah pasif. Nilai dari tahanan geser dirumuskan pada persamaan 30 berikut.

$$FK_{geser} = \frac{\sum v \times \tan \phi + c \times B}{\sum Pa} \dots \dots \dots (31)$$

Dimana,

- $V$  : Total gaya vertikal yang bekerja (kN)
- $\phi$  : Sudut geser dalam tanah bidang geser ( $^{\circ}$ )
- $c$  : Kohesi tanah bidang geser ( $\text{Kg/cm}^2$ )
- $B$  : Lebar kaki bronjong (m)
- $Pa$  : Total tekanan tanah aktif

Ilustrasi geser dapat dilihat pada **Gambar 2.16** berikut.



Gambar 2.16 Ilustrasi Geser (SNI 03-0090-1999)



D. Daya Dukung Tanah

Selain aman terhadap guling dan geser, berat struktur bronjong harus mampu diterima oleh tanah dibawahnya. Seringkali dimensi struktur yang langsing namun memiliki berat yang besar mengakibatkan tanah mengalami kegagalan daya dukung. Nilai FK terhadap daya dukung dihitung menggunakan teori terzaghi yang dapat diliaha pada persamaan 31 berikut.

$$FK \text{ bearing capacity} = \frac{qu}{q_{max}} \dots \dots \dots (32)$$

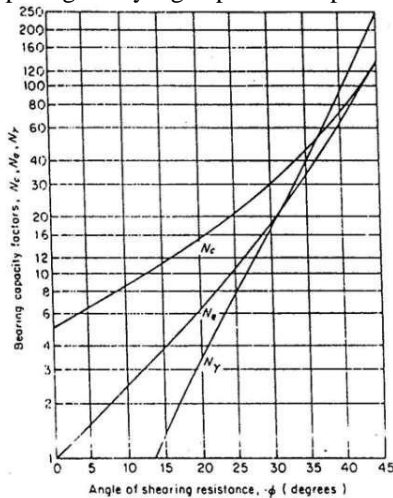
$$qu = c \times Nc + q' \times Nq + \frac{1}{2} \gamma \times B \times N\gamma \dots \dots \dots (33)$$

$$q_{max} = \frac{\Sigma V}{B} + \frac{1}{12B} \dots \dots \dots (34)$$

Dimana,

- C : Kohesi tanah
- q' : Tekanan tanah efektif (*effective overburden pressure*)  
 $\Sigma \gamma' i \times Hi$
- B : Lebar kaki bronjong
- Nc, Nq, N $\gamma$  : Faktor daya dukung

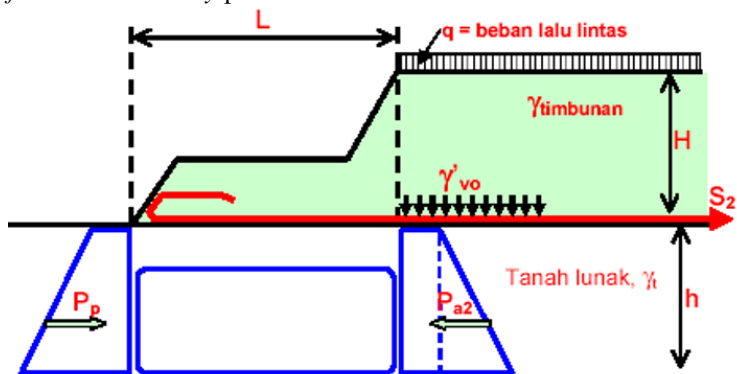
Faktor daya dukung diperoleh dari korelasi nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) pada grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17 Korelasi nilai  $\phi$  dan faktor daya dukung (Terzaghi)

### 2.5.5 Counterweight

Perkuatan *counterweight* adalah perkuatan dengan memberikan timbunan di samping tanah timbunan yang akan di perkuat atau di perbaiki. *Counterweight* akan berfungsi sebagai penahan longsor terhadap tanah yang lemah. Menurut Eren Sebayang dan Rudi Iskandar (2008) dalam jurnalnya Perencanaan Stabilitas Lereng dengan *Sheet Pile* dan Perkuatan Geogrid menggunakan Metode Elemen Hingga, penambahan *counterweight* dibelakang *sheet pile* dapat meningkatkan faktor keamanan yang cukup signifikan. Untuk menghitung perkuatan *counterweight* ini menggunakan prinsip *foundation stability* pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Prinsip Foundation Stability

Kondisi *foundation stability* terpenuhi apabila :

$$Pa \leq \frac{PP+2Su \times L}{SF} \text{ dan } S_2 \geq (Su \times L) \times SF \dots\dots\dots(35)$$

Dimana,  $Su = Cu = \text{undrained shear strength}$  dari tanah lunak.

$$(\sigma_{vo} = q + H \cdot \gamma_{\text{timbunan}}) \dots\dots\dots(36)$$

$$Pa_2 = (\sigma_{vo} - 2Cu) \cdot h + 0,5 \cdot h^2 \cdot \gamma_t \text{ (ton/m')} \dots\dots\dots(37)$$

$$Pp = 0,5 \cdot h^2 \cdot \gamma_t + 2 \cdot Cu \cdot h \text{ (ton/m')} \dots\dots\dots(38)$$

## 2.6 Pembebanan Kereta Api

Dalam perencanaan perkuatan timbunan memerlukan beban kereta api yang akan melintas. Mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No : PM. 60 Tahun 2012, beban desain yang digunakan untuk mendesain perkuatan timbunan sebesar 18 ton untuk lebar gandar 1067mm dan 22,5 ton untuk lebar gandar 1435mm. Ditunjukkan pada **Tabel 2.4** dan **Tabel 2.5**, serta skema pembebanan dibawah ini.

*Tabel 2.4 Pembebanan Kereta Api dengan Lebar Gandar 1067mm  
(PERMEN Perhubungan RI No. 60, 2012)*

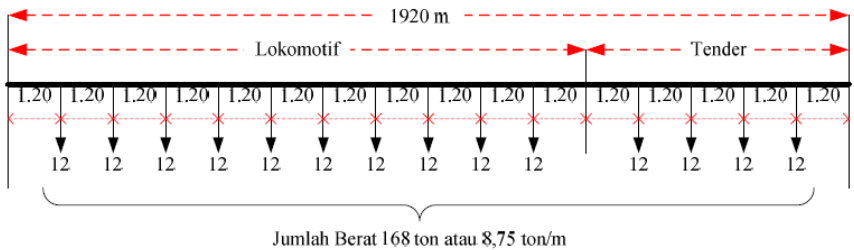
Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20 \cdot 10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2,5 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/ Tunggal	25	40
V	$< 2,5 \cdot 10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

*Tabel 2.5 Pembebanan Kereta Api dengan Lebar Gandar 1435 mm  
(PERMEN Perhubungan RI No. 60, 2012)*

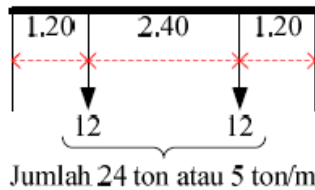
Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20 \cdot 10^6$	160	22,5	R.60	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$	140	22,5	R.60	Beton 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$	120	22,5	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$< 5 \cdot 10^6$	100	22,5	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	40

Adapun Skema Pembebanan kereta api menurut Peraturan Menteri Nomor 60 Tahun 2012 adalah sebagai berikut.

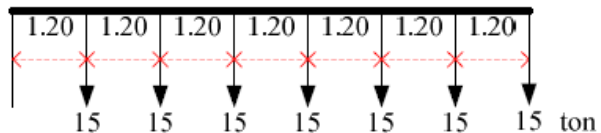
- Sebagai muatan gerak dianggap suatu susunan kereta api terdiri dari 2 Lokomotif pakai tender, serupa demikian :



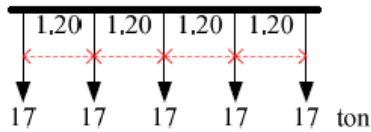
- Bila dengan kereta / gerobak yang banyaknya tidak tertentu, serupa demikian :



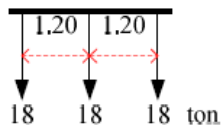
- Susunan kereta itu selalu dibikin sehingga bagi bagian yang harus dihitung kekuatannya paling berbahaya, jika ada 6 atau 7 gandar yang dapat tempat dalam hitungannya, maka beratnya muatan gandar harus ditambah sampai 15 ton.



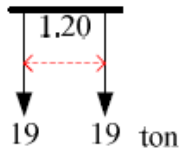
- Jika hanya ada 5 gandar yang dapat tempat dalam hitungannya, maka beratnya muatan gandar harus ditambah sampai 17 ton.



- Jika hanya ada 3 gandar yang dapat tempat dalam hitungannya, maka beratnya muatan gandar harus ditambah sampai 18 ton.



- Jika hanya ada 2 gandar yang dapat tempat dalam hitungannya, maka beratnya muatan gandar harus ditambah sampai 19 ton.



- Jika hanya ada 1 gandar yang dapat tempat dalam hitungannya, maka beratnya muatan gandar harus ditambah sampai 20 ton.



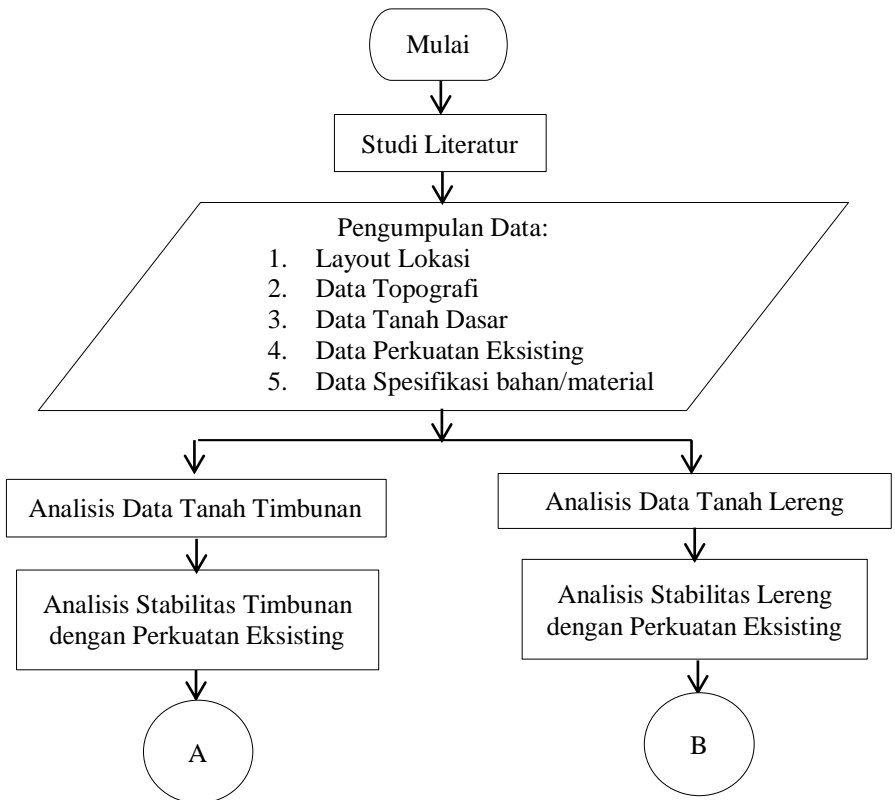
Dari rencana-rencana muatan tersebut, selalu yang dipilih itu rencana yang pendapatanya paling berbahaya dihitungnya.

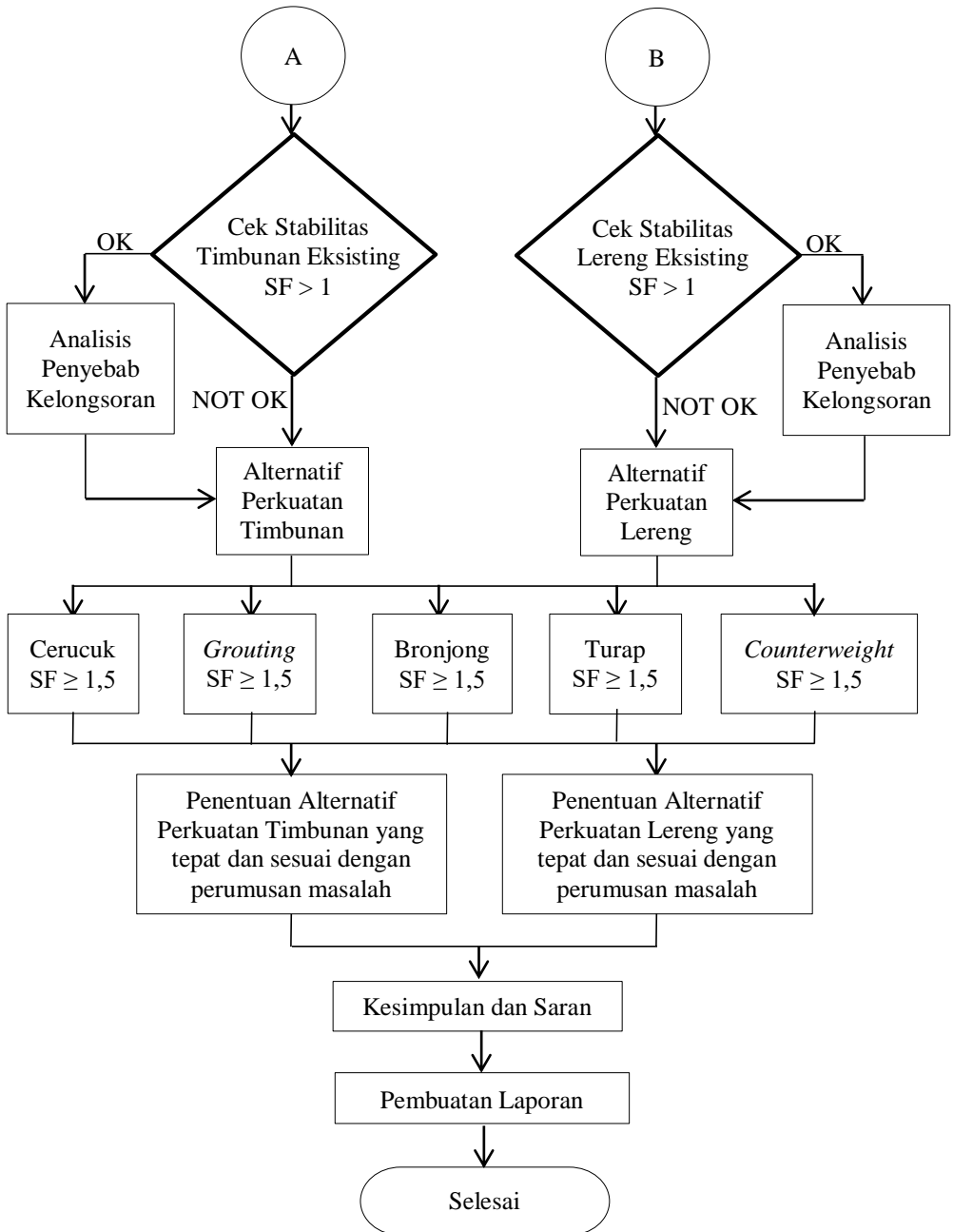
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut ini merupakan diagram tahapan perencanaan dalam penulisan Tugas Akhir perencanaan alternatif perkuatan timbunan dan lereng rel kereta api Daop IX Jember.





Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan



Secara garis besar diagram alir diatas dijelaskan lebih detail dalam poin – poin berikut :

#### ❖ **Studi Literatur**

Studi literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan bahan – bahan yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Bahan studi yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

- Referensi tentang pengoperasian perangkat lunak *PLAXIS*.
- Perhitungan perencanaan cerucuk sebagai perkuatan.
- Perhitungan perencanaan *grouting* sebagai perbaikan tanah.
- Perhitungan perencanaan bronjong sebagai perkuatan.
- Perhitungan perencanaan turap sebagai perkuatan.
- Perhitungan perencanaan *counterweight* sebagai perkuatan.
- Ringkasan yang menunjang beserta rumus-rumus yang mendukung

#### ❖ **Pengumpulan dan Analisis Data**

Data – data yang digunakan dalam alternatif perencanaan perkuatan timbunan dan lereng ini adalah data yang diperoleh dari instansi terkait. Data tersebut meliputi :

- *Layout* perencanaan jalur rel kereta api Daerah Operasi IX Bangil – Banyuwangi, KM.12+600 – 12+700 & KM. 14+300 – 14+800, KM. 32+000 – 32+100, dan KM. 24+800 – 25+400.
- *Layout* penyelidikan tanah di lokasi timbunan dan lereng jalur rel kereta api Daerah Operasi IX Bangil – Banyuwangi, KM.12+600 – 12+700 & KM. 14+300 – 14+800, KM. 32+000 – 32+100, dan KM. 24+800 – 25+400.
- Data tanah berupa data sondir di titik S19, S20, dan S21 (KM .12+600 – 12+700) dan data sondir di titik S15, S16, S17, dan S18. (KM. 14+300 – 14+800) serta data Boring log & N-SPT titik B-10 (KM. 32+000 – 32+100) dan data Boring log & N-SPT titik B-11 (KM. 24+800 + 25-400).
- Nilai *properties* tanah yaitu dari data *properties* tanah di titik S15 hingga S21 (korelasi dari data sondir ke N-SPT)
- Data spesifikasi Cerucuk
- Data spesifikasi Turap

- Data spesifikasi Bronjong
- Data spesifikasi *Grouting*
- Data kekuatan existing

❖ **Analisis Stabilitas timbunan dan lereng dengan kekuatan eksisting**

Analisis stabilitas ini bertujuan untuk mengetahui nilai *safety factor* (SF) dari timbunan dan lereng dengan kekuatan eksisting yang mengalami longsor pada area lokasi pekerjaan. Data – data tanah dan data spesifikasi kekuatan akan diolah menggunakan program *PLAXIS* untuk mendapatkan nilai *safety factor* (SF) dari timbunan dan lereng eksisting. Apabila timbunan atau lereng yang longsor memiliki nilai  $SF < 1$  maka direncanakan kekuatan baru pada timbunan dan lereng, namun apabila timbunan atau lereng yang longsor memiliki nilai  $SF \geq 1$  maka akan dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui penyebab kelongsoran pada timbunan dan lereng eksisting tersebut.

❖ **Perhitungan kekuatan baru timbunan dan lereng eksisting**

Perencanaan kekuatan dengan alternatif berikut :

- a. Kekuatan dengan metode Cerucuk (*micropile*)
- b. Perbaikan dengan menggunakan *Grouting*
- c. Kekuatan dengan menggunakan Bronjong
- d. Kekuatan dengan menggunakan Turap
- e. Kekuatan dengan menggunakan *Counterweight*

❖ **Penentuan kekuatan yang tepat**

Analisis ini bertujuan untuk mengambil keputusan dari beberapa alternatif solusi kekuatan terpilih yang akan diaplikasikan di lapangan yang sesuai dengan kriteria-kriteria dari pengambil kebijakan. Dari beberapa alternatif itu akan dipilih alternatif yang terbaik dengan pertimbangan kriteria-kriteria yang diinginkan.

## BAB 4 DATA TANAH DAN ANALISIS DATA PERENCANAAN

### 4.1 Data Tanah

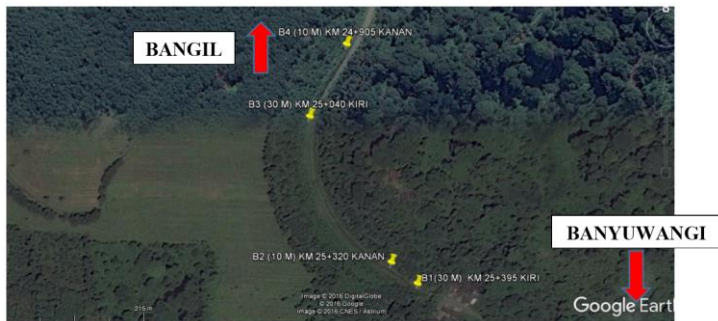
Parameter tanah dasar yang diperoleh pada KM. 32+000 – 32+100 dan KM. 24+800 – 25+400 berupa data Bor dan SPT. Sedangkan parameter tanah dasar yang diperoleh pada KM. 12+600 – 12+700 dan KM. 14+300 – 14+800 berupa data Sondir atau Cone Penetration Test (CPT). Pengujian sondir dilakukan pada sisi kiri atau sisi kanan badan jalur eksisting rel kereta api Banyuwangi – Bangil. Pengujian tersebut menghasilkan tekanan conus ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) dan *friction ratio* (%), sehingga untuk memperoleh parameter tanah lainnya dilakukan korelasi parameter tanah dari data Sondir yang tersedia.

#### 4.1.1 Data Bor dan N-SPT

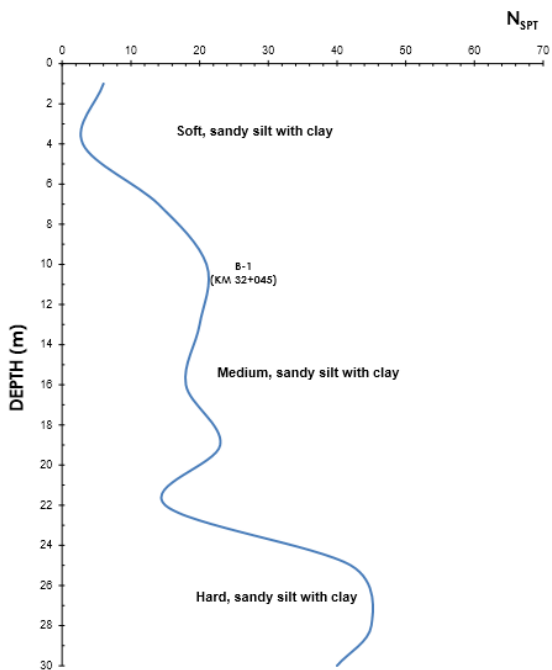
Pengujian Bor yang dilakukan pada KM. 32+000 – 32+100 terdiri dari 1 (satu) titik seperti yang terlihat pada **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.3** sedangkan pada KM. 24+800 – 25+400 terdiri dari 4 (empat) titik seperti yang terlihat pada **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.4**. Hasil selengkapnya dari pengujian tiap titik bor tersebut dapat dilihat pada **Lampiran 2**.



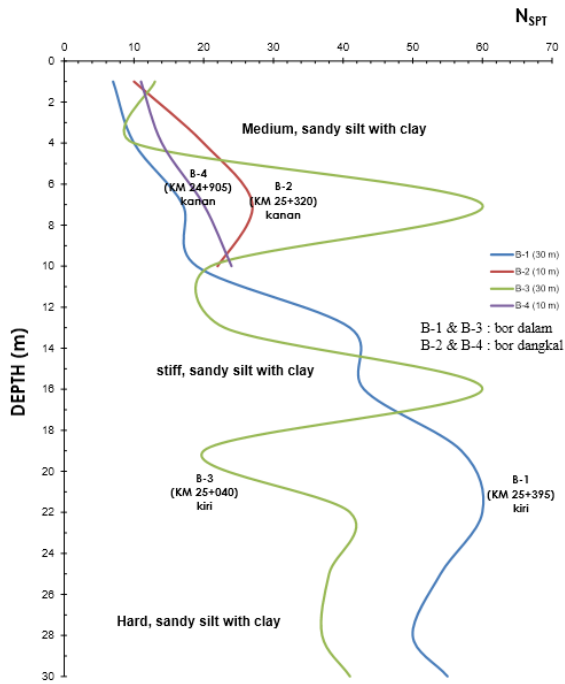
*Gambar 4.1 Lokasi pengujian Bor KM. 32+000 - 32+100*



Gambar 4.2 Lokasi pengujian Bor KM. 24+800 - 24+500



Gambar 4.3 Boring Log KM. 32+000 - 32+100



Gambar 4.4 Boring Log KM. 24+800 - 25+400

**4.1.2 Data Sondir atau Cone Penetration Test (CPT)**

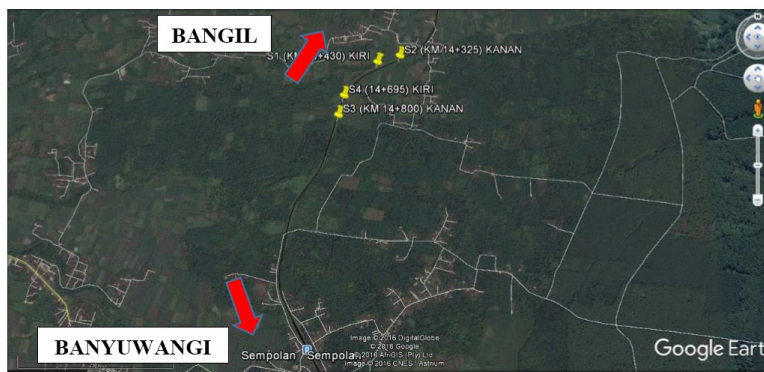
Pengujian Sondir jalur eksisting railway Banyuwangi – Bangil pada STA. 12+600 – 12+700 dilakukan sebanyak 3 (tiga) titik, yaitu S-19, S-20, dan S-21. Sedangkan pada STA. 14+300 – 14+800 pengujian Sondir dilakukan sebanyak 4 (empat) titik, yaitu S-15, S-16, S-17, dan S-18. Titik pengujian sondir dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan lokasi pengujian sondir dapat dilihat pada **Gambar 4.5** dan **Gambar 4.6** dibawah ini.

Tabel 4.1 Station Titik Pengujian Sondir

Pengujian Sondir STA. 12+600 – 12+700	Pengujian Sondir STA. 14+300 – 14+800
S-19 (KM. 12+690 KIRI SEMPOLAN)	S-15 (KM. 14+800 SEMPOLAN)
S-20 (KM. 12+650 KANAN SEMPOLAN)	S-16 (KM. 14+695 KIRI SEMPOLAN)
S-21 (KM. 12+610 KANAN SEMPOLAN)	S-17 (KM. 14+430 KIRI SEMPOLAN)
	S-18 (KM. 14+325 KANAN SEMPOLAN)

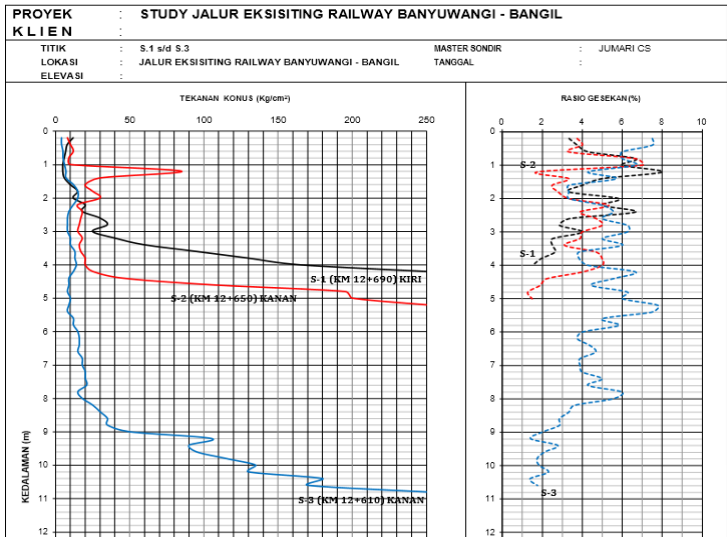


*Gambar 4.5 Lokasi pengujian sondir STA. 12+600 - 12+700*

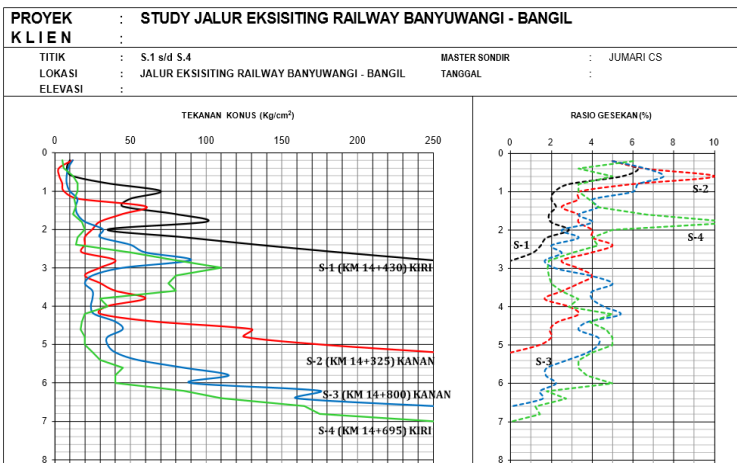


*Gambar 4.6 Lokasi pengujian sondir STA. 14+300 - 14+800*

Hasil selengkapnya dari pengujian tiap titik sondir tersebut dapat dilihat pada **Lampiran 2**, sedangkan gabungan grafik sondir pada STA. 12+600 – 12+700 dapat dilihat pada **Gambar 4.7** dan STA. 14+300 – 14+800 pada **Gambar 4.8** berikut.



Gambar 4.7 Tekanan konus (kg/cm<sup>2</sup>) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-19 12+690, S-20 12+650, dan S-21 12+610



Gambar 4.8 Tekanan konus (kg/cm<sup>2</sup>) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-15 14+800, S-16 14+695, S-17 14+430, dan S-18 14+325

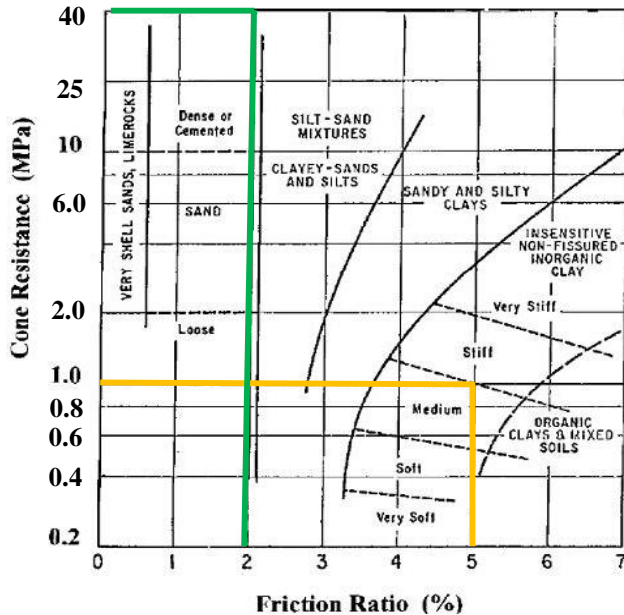
#### 4.1.3 Korelasi Parameter Tanah Dasar

Data tanah yang tersedia untuk melakukan analisis sangat terbatas yakni hanya sebatas data sondir, sedangkan parameter tanah yang dibutuhkan masih cukup banyak seperti  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_{dry}$ ,  $\phi$ ,  $C_u$ ,  $v$ ,  $E$ ,  $C_c$ ,  $LL$ ,  $C_v$ , dan  $e$ . Oleh karena itu, untuk melengkapi parameter tanah tersebut maka dilakukan korelasi parameter tanah dengan tahapan sebagai berikut :

Sebagai contoh, digunakan data sondir STA. 12+610 pada **Gambar 4.7**

1. Menentukan jenis tanah pada lokasi berdasarkan data conus (MPa) dan *friction ratio* (%) dengan menggunakan grafik profil Schmertmann (1978). Adapun contoh penentuan jenis tanah adalah sebagai berikut :

Kedalaman	conus rata-rata ( $q_c$ )	<i>friction ratio</i>
0 – 10 m	10 kg/cm <sup>2</sup>	5 %
≥ 10 m	100 kg/cm <sup>2</sup>	2 %



Gambar 4.9 Grafik Profil Schmertmann (1978)



Dengan menggunakan grafik profil Schmertmann pada **Gambar 4.9** didapatkan jenis tanah pada lokasi tersebut berdasarkan data sondir, yaitu :

→ *Clay (medium)* pada kedalaman 0 - 10 m.

→ *Sand and Gravel* pada kedalaman  $\geq 10$  m.

2. Mendapatkan taksiran N-SPT dengan menggunakan korelasi dari tahanan conus ( $q_c$ ) untuk *clay* menurut Danziger et al., (1998) dan untuk *sand and gravel* menurut Danziger and De Valleso (1995) yang dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

*Tabel 4.2 Korelasi N-SPT dengan Tahanan Conus ( $q_c$ ) untuk berbagai macam jenis tanah menurut Danziger*

Danziger and De Valleso (1995)	Silt, sandy silt and silt-sand	$n = \frac{q_c + f_s}{N} = 0.2$
	Fine to medium sand, silty sand	$n = \frac{q_c + f_s}{N} = 0.3-0.4$
	Coarse sand, sand with gravel	$n = \frac{q_c + f_s}{N} = 0.5-0.6$
	Sandy gravel and gravel	$n = \frac{q_c + f_s}{N} = 0.8-1.0$
	Silty sand	$n = \frac{q_c}{N} = 7.0$
* $q_c/N$ (bar/30cm)		
Danziger et al., (1998)	Sand	$n = \frac{q_c}{N} = 5.7$
	Silty sand, Silty clay	$n = \frac{q_c}{N} = 5.0-6.4$
	Clayey silt	$n = \frac{q_c}{N} = 3.1$
	Clay, silt and sand mixtures	$n = \frac{q_c}{N} = 1.0-3.5$
	Clayey sand and silty clay	$n = \frac{q_c}{N} = 4.6-5.3$
	Sandy clay	$n = \frac{q_c}{N} = 1.8-3.5$
	Clay	$n = \frac{q_c}{N} = 4.5$

Pada kedalaman 0 – 10 m (*clay*) dengan harga conus ( $q_c$ ) = 10 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\rightarrow N-SPT = \frac{q_c}{4.5} = \frac{10}{4.5} = 2.22 \approx 2$$

Pada kedalaman  $\geq 10$  m (*sand and gravel*) dengan harga conus ( $q_c$ ) = 100 kg/cm<sup>2</sup> :

$$\rightarrow N-SPT = \frac{q_c + f_s}{0.5} = \frac{\left(\frac{100}{10}\right) + 2}{0.5} = 24$$

3. Mendapatkan nilai kekuatan geser *undrained* atau kohesi *undrained* ( $S_u$  atau  $C_u$ ) untuk *Clay* dengan menggunakan korelasi dari N-SPT menurut Decourt (1990) pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Korelasi antara  $C_u$  dan N-SPT

Researchers	Explanation	$S_u$ (kPa)
Sanglerat (1972)	Clay	12.5N
	Silty clay	10N
Terzaghi & Peck (1967)	Fine-grained soil	6.25N
Hara et al. (1974)	Fine-grained soil	29N <sup>0.72</sup>
Sowers (1979)	Highly plastic soil	12.5N
	Medium plastic clay	7.5N
	Low plastic soil	3.75N
Nixon (1982)	Clay	12N
Sivrikaya & Toğrol (2002)	Highly plastic soil	4.85N <sub>field</sub> 6.82N <sub>60</sub>
	Low plastic soil	3.35N <sub>field</sub> 4.93N <sub>60</sub>
	Fine-grained soil	4.32N <sub>field</sub> 6.18N <sub>60</sub>
Stroud (1974)	PI<20	(6-7)N
	20<PI<30	(4-5)N
	PI>30	4.2N
Decourt (1990)	Clay	12.5N 15N <sub>60</sub>
Ajayi & Balogun (1988)	Fine-grained soil	1.39N+74.2
Hettiarachchi & Brown (2009)	Fine-grained soil	4.1N <sub>60</sub>
Sirvikaya (2009)	UU Test	$S_u = 3.33N - 0.75w_n + 0.20LL + 1.67PI$
	UU Test	$S_u = 4.43N_{60} - 1.29w_n + 1.06LL + 1.02PI$
	UCS Test	$S_u = 2.41N - 0.82w_n + 0.14LL + 1.44PI$
	UCS Test	$S_u = 3.24N_{60} - 0.53w_n - 0.43LL + 2.14PI$

Pada kedalaman 0 – 10 m (*clay*) dengan N-SPT = 2 :

$$\rightarrow C_u = 12.5 N = 12.5 \times 2 = 25 \text{ kPa} = 2.5 \text{ t/m}^2$$

Pada kedalaman  $\geq 10$  m (*sand and gravel*) dengan N-SPT = 24 :

$$\rightarrow C_u = 0 \text{ t/m}^2$$

Namun, ada cara lain untuk menentukan kohesi *undrained* ( $C_u$ ) untuk *Normally Consolidated Clay Layers* dengan menggunakan korelasi dari nilai N-SPT menurut Mochtar (2006) pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Korelasi antara  $C_u$  dan N-SPT (Mochtar,2006)

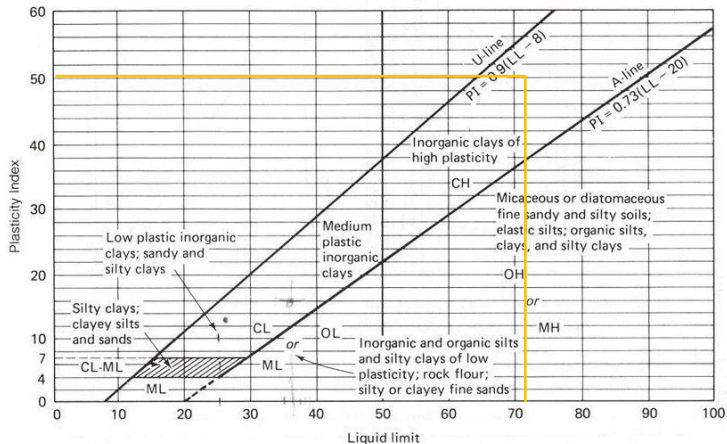
Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak ( <i>very soft</i> )	0 – 12.0	0 – 1.20	0 – 2.0	0 – 7.0	0 – 700
Lunak ( <i>soft</i> )	13 – 24	1.30 – 2.4	2.5 – 5	8.0 – 14	700–1400
Menengah ( <i>medium</i> )	25 – 49	2.5 – 4.9	5 – 8	15– 29	1500 –2900
Kaku ( <i>stiff</i> )	50 – 99	5.0 – 9.9	9 – 15	30 –59	3000 – 5900
Sangat kaku ( <i>verystiff</i> )	100 – 199	10. – 19.9.	16 – 29	60– 124	5900 – 12400
Keras ( <i>hard</i> )	> 200	> 20.	> 30	> 125	> 12500

Sumber : Mochtar (2006), revised (2015)

Pada kedalaman 0 – 10 m (*clay*) dengan N-SPT = 2 :

$$\rightarrow c_u = \frac{1.2-0}{2-0} (2 - 0) + 0 = 1.2 \text{ t/m}^2$$

Dalam penelitian lain, Ardana dan Mochtar (1999) menentukan kohesi undrained ( $C_u$ ) untuk tanah *Clay* dengan menggunakan korelasi dari nilai PI (*plasticity index*) dan  $\sigma'$  (overburden pressure), lihat pada **Gambar 4.10** dan **Gambar 4.11**.



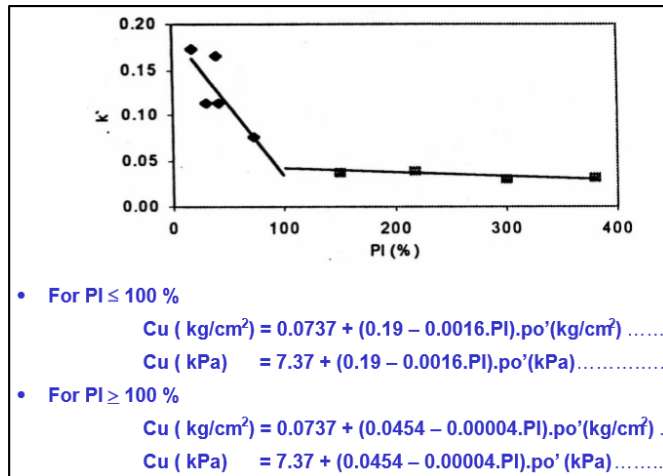
Gambar 4.10 Diagram Plastisitas (ASTM, Casagrande)

Pada kedalaman 0 – 10 m (*clay*) dengan LL = 72 % (lihat **point 8**) :

→PI = 50 %

Kedalaman *clay soil* adalah 10 m dengan  $\gamma_{sat} = 1.65 \text{ t/m}^3$  (lihat **point 4**), maka *overburden pressure* adalah :

→ $\sigma_o' = \gamma' \times h = (1.65 - 1.00) \times 10 = 6.5 \text{ t/m}^2 = 0.65 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4.11 Korelasi undrained shear strength ( $C_u$ ) untuk clay soils.  
 (Ardana dan Mochtar, 1999)

→ $C_u = 0,0737 + (0,19 - 0,0016 \times 50) \times 0,65 = 0.1452 \text{ kg/cm}^2$

$C_u = 1,4 \text{ t/m}^2$

Maka, kohesi *undrained* untuk *clay soil* pada kedalaman 0 – 10 m adalah  $1,4 \text{ t/m}^2$

- Menghitung berat volume jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) dan berat volume kering ( $\gamma_{dry}$ ) untuk jenis tanah *Clay* dengan N-SPT ≤ 4 menurut Herman Wahyudi dan Yudhi Lastiasih (2007).

Pada kedalaman 0 – 10 m (*clay*) dengan N-SPT = 2 :

→ $\gamma_{sat} = 0.08 N + 1.47 = 0.08 (2) + 1.47 \approx 1.65 \text{ t/m}^3$

→ $\gamma_{dry} = 0.09 N + 0.78 = 0.09 (2) + 0.78 \approx 1.00 \text{ t/m}^3$

Menentukan berat volume jenuh ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) dan sudut geser ( $\phi$ ) untuk jenis tanah *Sand and Gravel* dengan N-SPT = 24 menggunakan **Tabel 4.5** konsistensi tanah Bowles (1984).

Tabel 4.5 Korelasi N-SPT untuk Menentukan Konsistensi Tanah (Bowles, 1984)

Cohesionless Soil					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Cohesive Soil					
N (blows)	< 4	4-6	6-15	16-25	>25
$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPa)	< 25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Sumber: Bowles (1984) dalam Wahyudi (1999)

Pada kedalaman  $\geq 10$  m (sand and gravel) dengan N-SPT = 24 :

$$\rightarrow \gamma_{\text{sat}} = \frac{18-14}{30-11} (24 - 11) + 14 = 18 \text{ (kN/m}^3) \approx 1.80 \text{ t/m}^3$$

$$\rightarrow \phi = \frac{36-28}{30-11} (24 - 11) + 28 = 36^\circ$$

5. Menghitung korelasi dari nilai ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) untuk menentukan taksiran berat volume kering ( $\gamma_{\text{dry}}$ ), taksiran harga koefisien konsolidasi ( $C_v$ ), dan taksiran harga angka pori ( $e$ ) dengan menggunakan **Tabel 4.6** parameter tanah untuk  $G_s = 2,7$  (Biarez & Favre).

Pada kedalaman 0 - 10 m dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 1.65 \text{ t/m}^3$  :

$$\rightarrow \gamma_{\text{dry}} = 1.00 \text{ t/m}^3 \text{ (dari perhitungan sebelumnya)}$$

$$\rightarrow C_v = \frac{0.0006-0.0005}{1.69-1.63} (1.65 - 1.63) + 0.0005 = 5.3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\rightarrow e = \frac{1.45-1.7}{1.69-1.63} (1.65 - 1.63) + 1.7 = 1.62$$

Pada kedalaman  $\geq 10$  dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 1.8 \text{ t/m}^3$  :

$$\rightarrow \gamma_{\text{dry}} = \frac{1.3-1.2}{1.82-1.76} (1.8 - 1.76) + 1.2 = 1.27 \text{ ton/m}^3$$

$$\rightarrow C_v = \frac{0.0008-0.0007}{1.82-1.76} (1.8 - 1.76) + 0.0007 = 7.6 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\rightarrow e = \frac{1.08-1.25}{1.82-1.76} (1.8 - 1.76) + 1.26 = 1.14$$

Tabel 4.6 Nilai-nilai numerik parameter tanah untuk  $G_s = 2,70$  (Biarez & Favre)

Sifat tanah		$\gamma_d$		e	n	$W_{sat}$	$\gamma_{sat}$	K			$C_v$		$\sigma$		$m_v = 1/E$	
		$g/cm^3$	lb cb ft					$cm/s$	ft/year	lugeon	$cm^2/s$	ft <sup>2</sup> /year	bars	psi	$cm^2/kg$	ft <sup>2</sup> /ton
Silt, Clay	lunak	0,5	31,25	4,40	0,80	163,0	1,31	$10^{-9}$	$1,03 \times 10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$		0,01	0,142	100	97,6
		0,6	37,50	3,50	0,78	129,60	1,38						0,05	0,71	20	19,5
		0,7	43,75	2,86	0,74	105,8	1,44	$10^{-8}$	$1,03 \times 10^{-2}$	$10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$	3,4				
		0,8	50,00	2,38	0,70	88,0	1,50				$2 \times 10^{-4}$	6,8	0,1	1,42	10	9,76
		0,9	56,25	2,00	0,67	74,1	1,57	$10^{-7}$	$1,03 \times 10^{-1}$	$10^{-2}$	$3 \times 10^{-4}$	10,1	0,5	7,05	2	1,95
	rata-rata										$4 \times 10^{-4}$	11,1	1	14,2	1	0,976
		1,0	62,50	1,70	0,63	63,0	1,63	$1 \times 10^{-6}$	1,03	$10^{-1}$	$5 \times 10^{-4}$	16,9	2	28,4	0,5	0,488
		1,1	68,75	1,45	0,59	53,9	1,69	$2 \times 10^{-6}$	2,06		$6 \times 10^{-4}$	20,3	3	42,6	0,33	0,325
		1,2	75,00	1,25	0,56	46,3	1,76	$3 \times 10^{-6}$	3,10		$7 \times 10^{-4}$	23,6	4	56,9	0,25	0,244
		1,3	81,25	1,08	0,52	39,9	1,82	$4 \times 10^{-6}$	4,13		$8 \times 10^{-4}$	27,0	5	71,0	0,20	0,195
		1,4	87,50	0,93	0,48	34,4	1,88	$5 \times 10^{-6}$	5,17		$9 \times 10^{-4}$	30,4	6	85,3	0,17	0,163
		1,5	93,75	0,80	0,44	29,6	1,94	$6 \times 10^{-6}$	6,20		$10^{-3}$	$33,8 \times 10^1$	7	99,5	0,14	0,144
		1,6	100,00	0,69	0,41	25,5	2,04	$7 \times 10^{-6}$	7,24				8	113	0,12	0,122
		1,7	106,25	0,59	0,37	21,8	2,07	$8 \times 10^{-6}$	8,26				9	127	0,11	0,111
Gravel, Sand	sand	1,8	112,50	0,50	0,33	18,5	2,13	$9 \times 10^{-6}$	9,30		$10^{-2}$	$33,8 \times 10^2$	10	142	0,10	0,0976
		1,9	118,75	0,42	0,30	15,6	2,20	$10^{-5}$	10,33	1			11	156	0,091	0,0887
								$10^{-4}$	$1,03 \times 10^2$	10	$10^{-1}$	$33,8 \times 10^3$	12	170	0,083	0,0815
		2,0	125,00	0,35	0,26	13,0	2,26	$10^{-3}$	$1,03 \times 10^3$	100			13	185	0,077	0,075
		2,1	131,25	0,29	0,22	10,6	2,32	$10^{-2}$	$1,03 \times 10^4$	1000			14	199	0,073	0,07
	gravel	2,2	137,50	0,23	0,19	8,4	2,39	$10^{-1}$	$1,03 \times 10^5$	10000			15	213	0,064	0,065
		2,3	143,75	0,17	0,15	6,4	2,45						20	284	0,050	0,0488
		2,4	150,00	0,13	0,11	4,63	2,51						50	710	0,020	0,0195
		2,5	156,25	0,080	0,074	2,96	2,57						100	1420	0,010	$9,76 \times 10^{-3}$
		2,6	162,50	0,038	0,037	1,42	2,64						500	7100	0,002	$1,95 \times 10^{-3}$
2,7	168,75	0,000	0,000	0,00	2,70						1000	14200	0,001	$9,76 \times 10^{-4}$		

Catatan :  $100 \text{ kPa} = 100 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ bar} = 1,02 \text{ kg/cm}^2$

6. Menentukan taksiran harga sudut geser atau *friction angle* ( $\phi$ ) dengan menggunakan korelasi dengan N-SPT menurut Osaki :  
 $\rightarrow \phi = (20 N)^{0.5} + 15 = (20 \times 2)^{0.5} + 15 = 21.7^0$   
 Namun, ada cara lain untuk mendapatkan harga sudut geser atau *friction angle* ( $\phi$ ) pada tanah kohesif atau lempung dari data kohesi efektif ( $c'$ ) dengan menggunakan **Tabel 4.7** kekuatan efektif untuk tanah kohesif (Burt Look).

Tabel 4.7 Kekuatan efektif tanah kohesif & *friction angle* (Burt Look)

Type	Soil description/state			Effective Cohesion			Friction angle		
				Kpa			(degrees)		
Cohesive	Soft	-	Organic	5	-	10	10	-	20
			non organic	10	-	20	15	-	25
			stiff	20	-	50	20	-	30
			Hard	50	-	100	25	-	30

Sumber: Burt Look

Pada kedalaman 0 – 10 m dengan jenis tanah kohesif (*Clay*) dan *effective cohesion* ( $c' = 2/3 \times C_u = 2/3 \times 2.78 = 1,11 \text{ ton/m}^2$ ) :

$$\rightarrow \phi = \frac{25-15}{20-10} (11.1 - 10) + 15 = 16.1^0$$

Nilai korelasi yang telah diperoleh kurang tepat dengan karakteristik tanah lempung. Oleh karena itu, *friction angle* ( $\phi$ ) untuk lapisan *Clay* pada kedalaman 0 – 10 m diasumsikan  $2^0$ .

7. Menentukan taksiran harga *poisson ratio* ( $\nu$ ) dan *Modulus Young* ( $E$ ) dengan menggunakan **Tabel 4.8** Taksiran harga  $E$  dan  $\nu$  (Braja M Das, 1984)

Tabel 4.8 Taksiran harga  $E$  dan  $\nu$  (Braja M Das, 1984)

Jenis Tanah	Young Modulus ( $E$ )	Koefisien Poisson ( $\nu$ )
Pasir lepas	10350 - 27600 Kn/m <sup>2</sup>	0,2 - 0,4
Pasir agak padat		0,25 - 0,4
Pasir padat	34500 - 69000 Kn/m <sup>2</sup>	0,3 - 0,45
Pasir berlanau		0,2 - 0,4
Lempung lembek	1380 - 3450 Kn/m <sup>2</sup>	0,15 - 0,25
Lempung agak kaku		0,2 - 0,5
Lempung keras	5865 - 13800 Kn/m <sup>2</sup>	-

Pada kedalaman 0 – 10 m (*clay*) dengan N-SPT = 2 :

→  $E = 3000 \text{ Kn/m}^2$

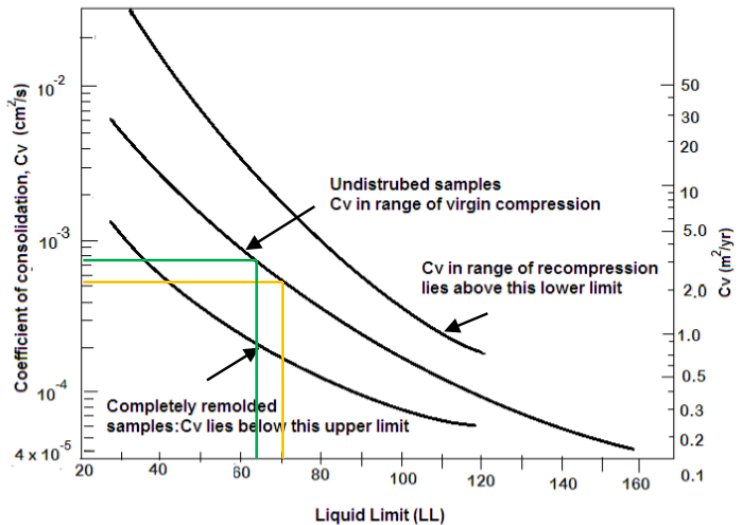
→  $\nu = 0.2$

Pada kedalaman  $\geq 10$  m (*sand and gravel*) dengan N-SPT = 24 :

→  $E = 15000 \text{ Kn/m}^2$

→  $\nu = 0.2$

8. Menentukan taksiran harga *Liquid Limit* (WL atau LL) dengan menggunakan **Gambar 4.12** Grafik korelasi LL dan  $C_v$  (After U.S. Navy, 1971).



Gambar 4.12 Grafik korelasi LL dan  $C_v$  (After U.S. Navy, 1971)

Pada kedalaman 0 – 10 m dengan koefisien konsolidasi

( $C_v$ ) =  $5.3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$  :

→ LL = 72 %

Pada kedalaman  $\geq 10$  m dengan koefisien konsolidasi

( $C_v$ ) =  $7.6 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$  :

→ LL = 64 %



9. Menentukan taksiran harga *compression index* ( $C_c$ ) dan *swell index* ( $C_s$ ) dengan menggunakan **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Korelasi harga  $C_c$

Persamaan	Penggunaan
$C_c = 0,009 (W_L - 13)$	<i>Biarez &amp; Favre</i>
$C_c = 0,007 (W_L - 7)$	<i>Remolded clay Skempton</i>
$C_c = 1,15 (e_o - 0,27)$	<i>All clays</i>
$C_c = 0,30 (e_o - 0,27)$	<i>Inorganic cohesive soil</i>
$C_c = 0,0115 W_N$	<i>Organic soil, peats, dll</i>
$C_c = 0,009 (W_L - 10)$	<i>Normally consolidated clay</i>
$C_c = 0,75 (e_o - 0,5)$	<i>Soils with low plasticity</i>
$C_c = 0,156 e_o + 0,0107$	<i>All clays</i>
$C_c = 0,2343 \left[ \frac{W_L (\%)}{100} \right] \cdot G_s$	<i>Nagaraj &amp; Murty</i>

dengan :  $W_L$  = batas cair (%)  
 $W_N$  = kadar air natural di lapangan  
 $e_o$  = angka pori awal di lapangan  
 $G_s$  = *specific gravity*

Pada kedalaman 0 – 10 m ; nilai  $L_L = 72$  % :

$$\rightarrow C_c = 0.009 \times (72 - 13) = 0.531$$

$$\rightarrow C_s = \frac{1}{5} \times C_c = 0.11$$

Pada kedalaman 0 – 10 m ; nilai  $L_L = 64$  % :

$$\rightarrow C_c = 0.009 \times (64 - 13) = 0.459$$

$$\rightarrow C_s = \frac{1}{5} \times C_c = 0.09$$

Rekapitulasi korelasi data tanah pada STA. 12+600 – 12+700 dapat dilihat pada **Tabel 4.10** dan data tanah STA. 14+300 – 14+800 pada **Tabel 4.11** dibawah ini.

Tabel 4.10 Rekapitulasi korelasi data tanah S19, S20, dan S21 pada STA. 12+600 - 12+700

Depth			qc	fs	N-SPT	Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$	$\gamma_{dry}$	$\gamma'$	$\phi$	$\phi'$	cu	c'	v	E	Cc	Cs	LL	Cv	e	Gs
m			Kg/cm <sup>2</sup>	%			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	(°)	(°)	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>		kN/m <sup>2</sup>			%	cm <sup>2</sup> /s		
0	s/d	-10	10	5	2	Clay, soft	1.65	1.00	0.65	2	1.33	1.40	0.93	0.2	2000	0.53	0.11	72	$5.3 \cdot 10^{-4}$	1.62	3.70
-10	s/d	~	100	2	24	Sand with Gravel	1.8	1.27	0.8	36	24	0	0	0.2	15000	0.46	0.09	64	$7.6 \cdot 10^{-4}$	1.14	3.71

Tabel 4.11 Rekapitulasi korelasi data tanah S15, S16, S17, dan S18 pada STA. 14+300 - 14+800

Depth			qc	fs	N-SPT	Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$	$\gamma_{dry}$	$\gamma'$	$\phi$	$\phi'$	cu	c'	v	E	Cc	Cs	LL	Cv	e	Gs
m			Kg/cm <sup>2</sup>	%			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	(°)	(°)	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>		kN/m <sup>2</sup>			%	cm <sup>2</sup> /s		
0	s/d	-6	20	4	4	Clay, soft	1.79	1.24	0.79	4	2.7	1.30	0.87	0.2	2000	0.45	0.09	63	$7.5 \cdot 10^{-4}$	1.15	3.70
-6	s/d	~	125	2	29	Sand with Gravel	1.88	1.4	0.88	38	25	0	0	0.2	15000	0.42	0.08	60	$9 \cdot 10^{-4}$	0.93	3.70

#### 4.2 Data Material Perkuatan Timbunan

Material yang digunakan untuk perbaikan tanah dasar dan timbunan pada Tugas Akhir ini menggunakan 4 jenis alternatif perkuatan yaitu cerucuk, turap, bronjong, dan *grouting*.

##### A. Cerucuk

Cerucuk yang digunakan adalah cerucuk beton *Prestressed concrete circle pile*. Brosur yang digunakan adalah dari PT. WIKA BETON dapat dilihat pada **Lampiran 3**

##### B. Turap

Turap yang digunakan adalah turap beton *free standing* jenis *Corrugated Concrete Sheet Pile / CCSP*. Brosur yang digunakan adalah dari PT. WIKA BETON dapat dilihat pada **Lampiran 3**

##### C. Bronjong

Bronjong yang digunakan adalah bronjong bentuk I ini yaitu 80mm x 100 mm atau 100 mm x 120 mm dengan  $\emptyset$  kawat anyamannya 2,70 mm atau 3,00mm. Sketsa kawat bronjong bentuk I ini dapat dilihat pada **Gambar 2.12** yang mengacu pada SNI 03.0090-1987.

##### D. Grouting

Grouting berfungsi untuk meningkatkan kekuatan geser lapisan tanah (*cohesion, internal angle friction, dan dry density*). Brosur yang digunakan adalah PT. SIKA GROUT dapat dilihat pada **Lampiran 3**

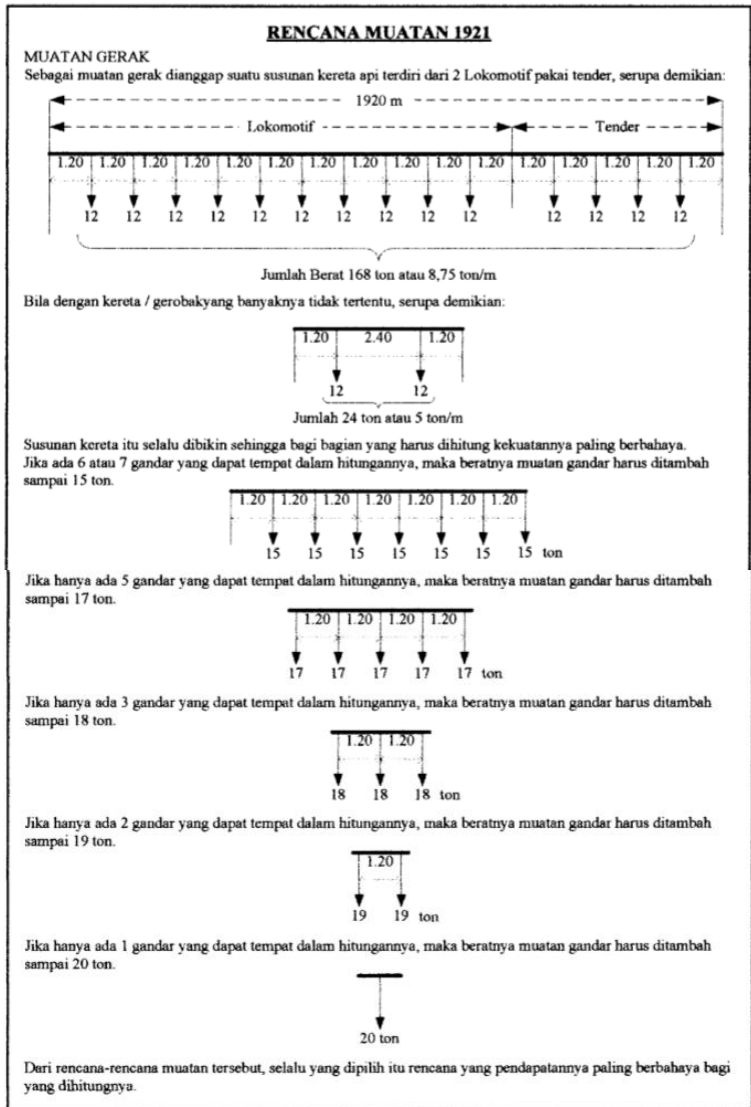
##### E. Counterweight

Berupa tanah timbunan (urug) dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$

#### 4.3 Data Pembebanan Rel Kereta Api

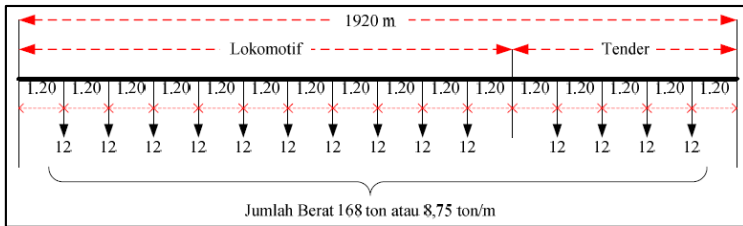
##### A. Pembebanan Kereta Api Maksimum

Skema pembebanan kereta api yang digunakan dalam perencanaan ini didasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No : 60 Tahun 2012. Skema Pembebanan 100 % RM 1921 terdapat pada **Gambar 4.13** dibawah ini.

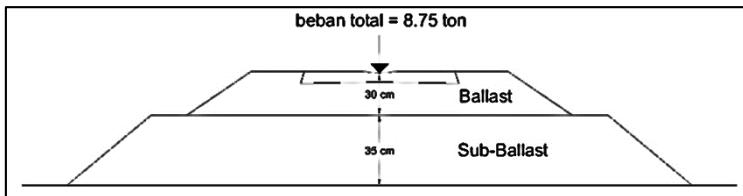


*Gambar 4.13 Skema Pembebanan Rencana Muatan 1921 (RM 1921)*

Dari beberapa beban yang disajikan pada Peraturan Menteri didapatkan beban maksimum untuk kereta api yaitu dengan jumlah gandar lebih dari 8 dengan beban total 168 ton atau sebesar 8.75 ton/m' seperti pada **Gambar 4.14** dan **Gambar 4.15** dibawah ini.



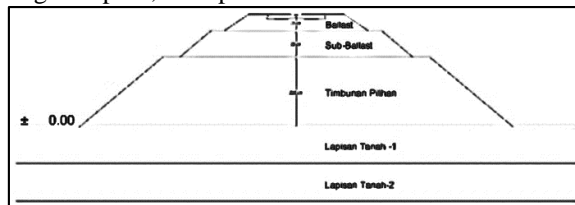
*Gambar 4.14 Skema Pembebanan Kereta Api dengan Gandar lebih dari 8*



*Gambar 4.15 Pembebanan Total Kereta Api dengan Gandar lebih dari 8*

## B. Data Material Timbunan Rel Kereta Api

Material timbunan rel kereta api terdiri dari Ballast, Sub-Ballast, dan Lapis Tanah Dasar. Lapisan ballast dan sub-ballast pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta api pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukannya harus sangat terpilih, lihat pada **Gambar 4.16**.



*Gambar 4.16 Potongan melintang timbunan pilihan eksisting*

1) Lapis Tanah Dasar (timbunan pilihan eksisting)

Lapis tanah dasar dibawah sub-ballast berupa timbunan pilihan yang berupa pasir batu (sirtu). Adapun lapisan tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut :

- Material lapis dasar tidak boleh mengandung material organic, gambut, dan tanah mengembang;
- Material lapis dasar (*subgrade*) harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang – kurangnya nilai CBR 8% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).
- Lapis dasar haruslah terdiri dari lapisan tanah yang seragam dan memiliki daya dukung yang cukup. Kekuatan CBR material lapis dasar yang ditentukan menurut ASTM D 1883 atau SNI 031744-1989 haruslah tidak kurang dari 8% pada contoh tanah yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum sebagaimana diperoleh dari pengujian ASTM D 698 atau SNI 031742-1989.
- Lapis dasar harus mampu menopang jalan rel dengan aman dan memberi kecukupan dalam elastisitas pada rel. Lapis dasar juga harus mampu menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat cuaca. Bagian terbawah dari lapis dasar ini memiliki jarak minimum 0.75 m di atas muka air tanah tertinggi.
- Karena lapis dasar ini terletak pada tanah asli atau tanah galian, maka diperlukan lapisan drainase yang harus diatur sebagaimana diperlukan. Ketebalan standar untuk lapisan drainase sekurang-kurangnya 15 cm.
- Ketebalan minimum lapis dasar haruslah 30 cm untuk mencegah terjadinya *mud pumping* akibat terjadinya perubahan pada tanah isian atau tanah pondasi. Lebar lapis dasar haruslah sama dengan lebar badan jalan. Dan lapis dasar juga harus memiliki kemiringan sebesar 5% ke arah bagian luar.

Maka data material lapisan tanah dasar dengan ketebalan yang bervariasi sesuai pada lokasi eksisting yang memenuhi syarat perencanaan dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

*Tabel 4.12 Parameter Timbunan Pilihan Eksisting*

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		Strength			$\nu$	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )
$\gamma$ sat	$\gamma$ dry	$\phi$ (°)	$\phi'$ (°)	Cu (kN/m <sup>2</sup> )			
17.00	15.90	35.00	25.02	15.00	0.20	10.00	10000

## 2) Sub-Ballast

Lapisan sub-ballast berfungsi sebagai lapisan penyang (filter) antara tanah dasar dan lapisan ballast dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15cm. Material pembentuk ballast harus memenuhi persyaratan berikut :

- Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
- Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5% ;
- Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurangnya 30% agregat pecah;
- Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100%  $\gamma_d$  menurut percobaan ASTM D 698.

Maka data material sub-ballast dengan tebal = 35 cm yang memenuhi syarat perencanaan dapat dilihat pada **Tabel 4.13** dibawah ini.

*Tabel 4.13 Parameter Tanah untuk Sub-Ballast*

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		Strength			$\nu$	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )
$\gamma$ sat	$\gamma$ dry	$\phi$ (°)	$\phi'$ (°)	Cu (kN/m <sup>2</sup> )			
23.00	22.00	41.00	30.09	67.00	0.20	44.67	200000

## 3) Ballast

Lapisan ballast terletak diatas lapisan sub-ballast yang merupakan daerah yang mengalami konsentrasi tegangan terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus sangat terpilih. Fungsi utama ballast adalah untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke sub-ballast dan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan, dan meloloskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel. Material pembentuk ballast harus memenuhi persyaratan berikut.

- Kemiringan lereng lapisan ballast atas tidak boleh lebih curam dari 1 : 2
- Bahan ballast atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan.
- Ballast harus terdiri dari batu pecah (25-60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan.
- Material ballast harus bersudut banyak dan tajam.
- Porositas maksimum 3 %.
- Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm<sup>2</sup>.
- *Specific gravity* minimum 2,6
- Kandungan tanah, lumpur, dan organik maksimum 0,5 %.
- Kandungan minyak maksimum 0,2 %.
- Keausan ballast sesuai dengan test *Los Angeles* tidak boleh lebih dari 25 %.

Maka data material ballast dengan tebal 30 cm yang memenuhi syarat perencanaan dapat dilihat pada **Tabel 4.14** dibawah ini.

*Tabel 4.14 Parameter Tanah untuk Ballast*

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		Strength			$\nu$	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )
$\gamma$ sat	$\gamma$ dry	$\phi$ (°)	$\phi'$ (°)	Cu (kN/m <sup>2</sup> )			
26.00	25.50	56.00	44.66	600.00	0.20	400.00	45000000



## 4) Bantalan

Bantalan berfungsi untuk meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel menuju ke ballast, mempertahankan lebar jalan rel, dan stabilitas kearah luar jalan rel. Bantalan yang digunakan adalah bantalan beton dengan persyaratan sebagai berikut :

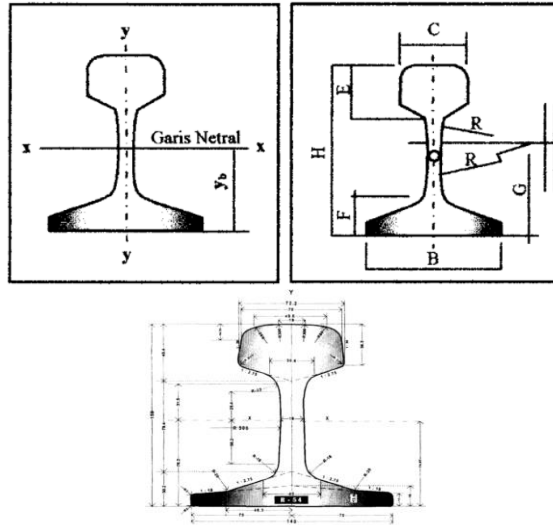
- Panjang : 2000 mm
- Lebar maks : 260 mm
- Tinggi maks : 220 mm
- $F_c'$  beton :  $500 \text{ kg/cm}^2 = 41.5 \text{ Mpa}$
- E beton :  $4700\sqrt{f_c'} = 30277632 \text{ kN/m}^2$
- *Poisson ratio* : 0.2
- Bantalan beton harus mampu memikul momen minimum sebesar +1500 kg m pada bagian dudukan rel dan -930 kg m pada bagian tengah bantalan.

## 5) Rel Kereta Api

Tipe rel kereta api yang digunakan adalah tipe R.54 dengan lebar 140 mm dan tinggi 159 mm dengan *modulus young* (E) =  $2 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ , lihat pada **Tabel 4.15** dan **Gambar 4.17**.

Tabel 4.15 Dimensi Penampang Rel

Besaran Geometri Rel	Tipe Rel			
	R 42	R 50	R 54	R 60
H (mm)	138,00	153,00	159,00	172,00
B (mm)	110,00	127,00	140,00	150,00
C (mm)	68,50	65,00	70,00	74,30
D (mm)	13,50	15,00	16,00	16,50
E (mm)	40,50	49,00	49,40	51,00
F (mm)	23,50	30,00	30,20	31,50
G (mm)	72,00	76,00	74,79	80,95
R (mm)	320,00	500,00	508,00	120,00
A (cm <sup>2</sup> )	54,26	64,20	69,34	76,86
W (kg/m)	42,59	50,40	54,43	60,34
I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	1369	1960	2346	3055
Y <sub>b</sub> (mm)	68,50	71,60	76,20	80,95
A	= luas penampang			
W	= berat rel permeter			
I <sub>x</sub>	= momen inersia terhadap sumbu x			
Y <sub>b</sub>	= jarak tepi bawah rel ke garis netral			



Gambar 4.17 Ukuran Penampang Rel R.54

- 6) Perkuatan Rel Eksisting (yang sudah ada di lapangan)  
 Perkuatan rel eksisting adalah perkuatan turap beton (*Flat Concrete Sheet Piles ; FRC-220 ; kelas B ; 42 MPa*) sepanjang 4 – 5 meter dan perkuatan pile dari rel kereta api sepanjang 5 meter. Spesifikasi turap beton FRC dapat dilihat pada **Lampiran 3**

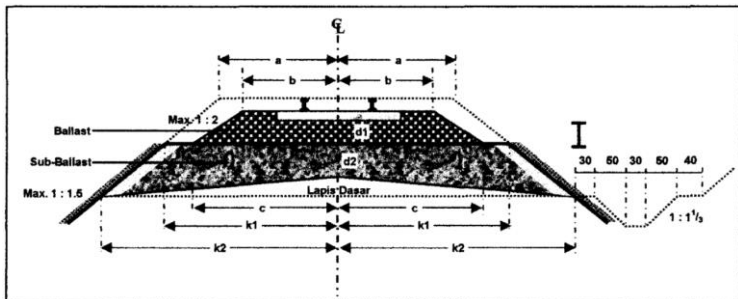
### C. Desain Timbunan Rel Kereta Api

Desain timbunan rel kereta api yang sudah ada didasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No : 60 Tahun 2012. Kelas jalan rel yang digunakan pada jalur rel lintas Banyuwangi – Bangil adalah **kelas jalan I**. Pada **Tabel 4.16** menunjukkan kriteria kelas jalan rel I untuk lebar rel 1067 mm :

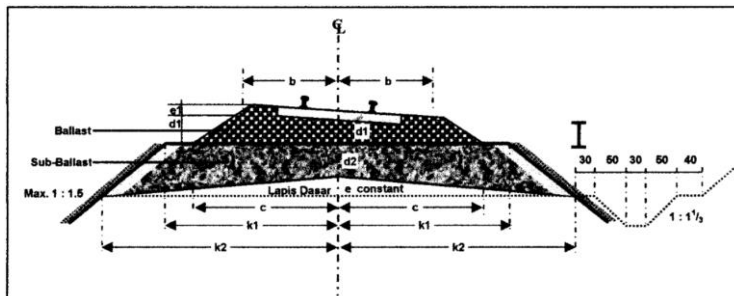
Tabel 4.16 Kriteria Kelas Jalan Rel untuk Lebar 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20.10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2.5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
V	$< 2.5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

Desain penampang melintang untuk lebar jalan rel 1067 mm kelas jalan rel I diperlihatkan pada **Gambar 4.18**, **Gambar 4.19**, dan **Tabel 4.17**.



Gambar 4.18 Desain Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus (Lebar Jalan Rel 1067 mm)



Gambar 4.19 Desain Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan  
(Lebar Jalan Rel 1067 mm)

Tabel 4.17 Tabel Penampang Melintang Jalan Rel

KELAS JALAN	V Maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15 – 50	25	375
II	110	30	150	235	265	15 – 50	25	375
III	100	30	140	225	240	15 – 50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15 – 35	20	300
V	80	25	135	210	240	15 – 35	20	300

#### 4.4 Layout Topografi dan Potongan

Layout topografi dan potongan KM. 12+600 – 12+700, KM. 14+300 – 14+800, KM. 32+000 – 32+100, dan KM. 24+800 – 25+400 dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

## **BAB 5**

### **PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN**

Dalam bab ini akan menjelaskan tentang analisis stabilitas timbunan dan lereng jalur rel kereta api kondisi eksisting dan merencanakan alternatif perkuatan yang tepat.

#### **5.1 Analisis Stabilitas Timbunan dan Lereng Eksisting Jalan Rel**

##### **5.1.1 Safety Factor**

Analisis kestabilan lereng timbunan badan jalan rel kereta api maupun lereng tebing di kiri dan kanan dilakukan untuk kondisi geometri yang kritis. Kondisi geometri kritis berdasarkan kriteria sebagai berikut :

- a. Lebar bahu jalan paling sempit.
- b. Kondisi timbunan yang paling tinggi
- c. Kemiringan lereng timbunan atau tebing yang paling curam.

Kestabilan lereng timbunan badan jalan rel kereta api dianalisis dengan menggunakan program bantu PLAXIS yang berbasis *finite element*, dilakukan sebagai berikut :

1. Menganalisis kestabilan lereng timbunan badan jalan rel kereta api yang kritis pada STA yang ditinjau. Apabila pada kondisi terkritis sudah menghasilkan angka kemanan atau safety factor (SF)  $\geq 1.4$  (diambil nilai rata-rata angka keamanan dari berbagai standard yang berlaku), maka kondisi geometris untuk STA lainnya tidak perlu di analisis.
2. Apabila pada kondisi geometris terkritis menghasilkan angka kemanan (SF)  $< 1.4$  maka kondisi geometris untuk STA lainnya juga akan di analisis.

Berdasarkan referensi, persyaratan angka keamanan terhadap keruntuhan untuk timbunan atau lereng cukup bervariasi, yaitu dapat dilihat pada **Tabel 5.1** s/d **Tabel 5.3**. Untuk kondisi existing, safety factor stabilitas timbunan minimum = 1,3. Untuk timbunan baru safety

factor = 1,5 (Sumber : Geoscience to Risk Management & PM Perhub No. 60/th 2012).

*Tabel 5.1 Angka Keamanan Untuk Analisis Timbunan Rel Kereta Menggunakan Parameter drained dan undrained termasuk perilaku anisotropic tanah (Sumber : Geoscience to Risk Management)*

Damage Consequence	Failure Mechanisme		
	Dilatant	Perfectly plasctic	Brittle and contractant
Less serious	1.2	1.3	1.4
Serious	1.3	1.4	1.5
Very Serious	1.4	1.5	1.6

*Tabel 5.2 Factor Safety of Existing Slope (Sumber : Geoscience to Risk Management)*

Risk	Required Factor of Safety with Loss of Life for a 10 years Return Period Rainfall
Negligible	>1.1
Low	1.2
High	1.3

Berdasarkan PM Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Pasal 3 Ayat 3.1.1.4 tentang Konstruksi Jalan Rel Bagian Bawah, terdapat pernyataan tentang factor keamanan (SF) untuk stabilitas lereng badan jalan sebagai berikut :

“Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan factor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa”.

Faktor keamanan tersebut bersifat umum tidak menjelaskan untuk new track atau existing track. Beberapa standard tentang angka keamanan untuk stabilitas lereng sebagai referensi, sebagaimana pada **Tabel 5.3.**

Tabel 5.3 Safety Factor (SF) dari berbagai Standard Yang berlaku

No	Peraturan	Keterangan	Safety Factor
1	Oregon Departemen of Transportation Geotechnical Design Manual November 2015	All embankment not supporting or potentially impacting structures	1,25
		All embankment supporting or potentially impacting structures	1,3
		All bridge approach embankment and embankment supporting critical structures	1,5
2	BS 6031:2009	Common Practice for slope stability	1,3
3	US Army Corp EM 1110-2-1902	Long term-stability natural and cut slopes	1,5
		Slope upstream and downstream	1,3
4	Geoscience to Risk Management	Existing slope with high risk	1,3
		New slope with very serious damage consequence and perfectly plastic's failure mechanism	1,5
5	NYSDOT Geotechnical Manual Design	Embankment side slope	1,25
		Embankment end slope	1,3
6	Practice Note For Authorized Person, Registered Structural Engineer and Registered Geotechnical Engineer APP-109	New Slope for ten year period rainfall	1,4
		Existing Slope for ten year period rainfall	1,2
7	IB-P-BC 2002-049 (City LA Department of Building and Safety)	Cut, Fill, and Butress Fill Slope	1,5
8	Geotechnical Design Standard	During construction	1,3
		In service (long term)	1,5
9	PM Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Pasal 3 Ayat 3.1.1.4	Stabilitas lereng untuk beban statis	1,5
		Stabilitas lereng untuk beban gempa	1,1

### 5.1.2 Stabilitas Timbunan dan Lereng Kondisi Existing

Analisis stabilitas menggunakan program PLAXIS *finite element* dengan pembebanan kereta mengikuti Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 tahun 2012 tentang persyaratan teknis jalur kereta api. Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton, selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 4.7** dengan menerapkan beban kereta api sebesar 8,75 t/m' dan lapisan ballast setebal 30 cm serta lapisan sub-ballast 35 cm.

Dari hasil analisis didapatkan zona – zona yang memiliki data geometri terkritis dengan *safety factor*  $\leq 1$  yang dapat dilihat pada **5.1.2.1** s/d **5.1.2.4** dibawah ini.

#### 5.1.2.1 Zona A (KM. 12+600 – 12+700)

##### a. Lay out

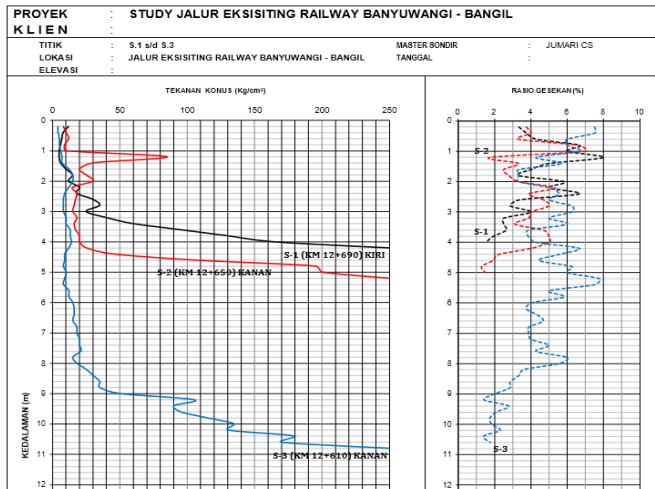
Lokasi titik penyelidikan tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.1**



Gambar 5.1 Lokasi pengujian sondir KM. 12+600 - 12+700



b. Hasil sondir



Gambar 5.2 Tekanan conus (kg/cm<sup>2</sup>) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-19 12+690, S-20 12+650, dan S-21 12+610

c. Kriteria Design

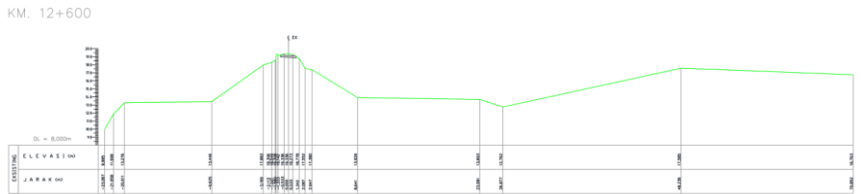
- Resume data tanah untuk input perhitungan

Depth	qc	fs	N-SPT	Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$	$\gamma_{dry}$	$\gamma'$	$\phi$	$\phi'$	cu	c'	v	E	Cc	Cs	LL	Cv	e	Gs		
m	kg/cm <sup>2</sup>	%			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	( <sup>o</sup> )	( <sup>o</sup> )	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>		kn/m <sup>2</sup>			%	cm <sup>2</sup> /s				
0	s/d	-10	10	5	2	Clay, soft	1.65	1.00	0.65	2	1.33	1.40	0.93	0.2	2000	0.53	0.11	72	$5.3 \cdot 10^{-4}$	1.62	3.70
-10	s/d	~	100	2	24	Sand with Gravel	1.8	1.27	0.8	36	24	0	0	0.2	15000	0.46	0.09	64	$7.6 \cdot 10^{-4}$	1.14	3.71

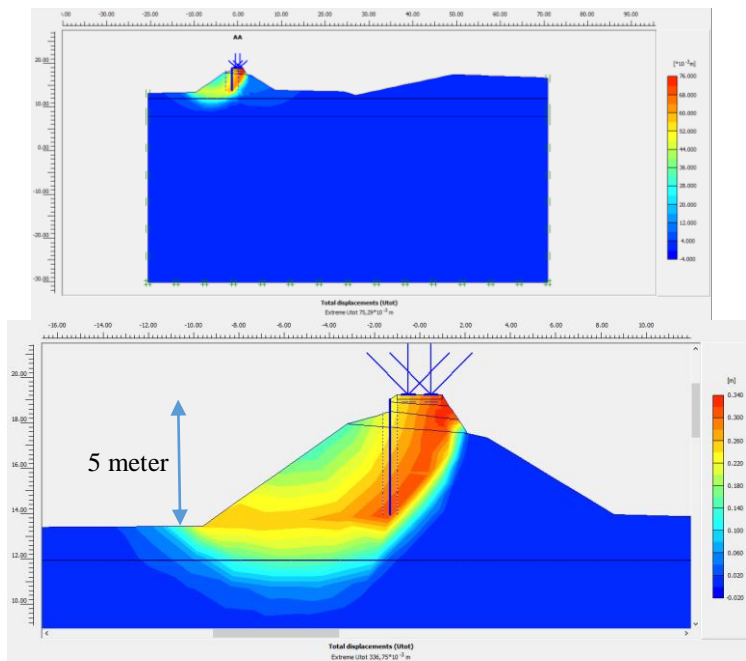
d. Hasil Analisis



Gambar 5.3 Lokasi KM 12+600



Gambar 5.4 Geometri STA KM 12+600, menghadap kearah Banyuwangi



Gambar 5.5 Kondisi Eksisting KM. 12+600

Berdasarkan hasil analisis dengan Plaxis (**Gambar 5.5**) diperoleh  $SF < 1$  (Kondisi Collapses)

### 5.1.2.2 Zona B (KM. 14+300 – 14+800)

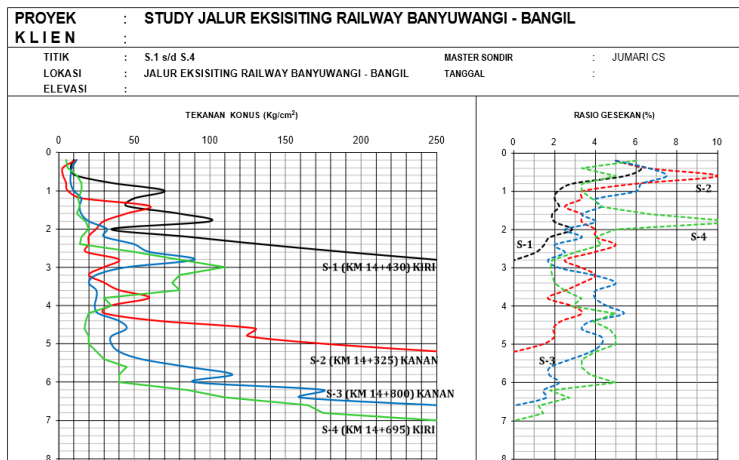
#### a. Lay out

Lokasi titik penyelidikan tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.6**



Gambar 5.6 Lokasi pengujian sondir KM. 14+300 - 14+800

#### b. Hasil sondir



Gambar 5.7 Tekanan konus ( $\text{kg/cm}^2$ ) vs Depth (m) & Rasio gesekan (%) vs. Depth (m) hasil sondir untuk S-15 14+800, S-16 14+695, S-17 14+430, dan S-18 14+325

## c. Kriteria Design

- Resume data tanah untuk input perhitungan

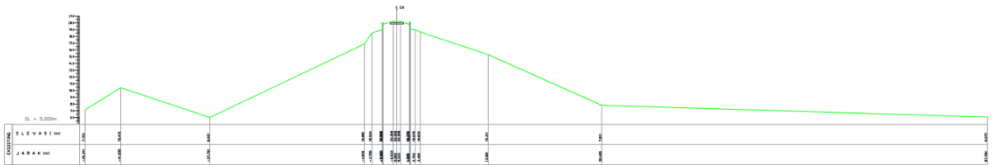
Depth m	qc Kg/cm <sup>2</sup>	fs %	N-SPT	Jenis Tanah	$\gamma_{\text{sat}}$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_{\text{dry}}$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\phi$ ( $^{\circ}$ )	$\phi'$ ( $^{\circ}$ )	cu t/m <sup>2</sup>	c' t/m <sup>2</sup>	v	E kN/m <sup>2</sup>	Cc	Cs	LL %	Cv cm <sup>2</sup> /s	e	Gs		
0	s/d	-6	20	4	4	Clay, soft	1.79	1.24	0.79	4	2.7	1.30	0.87	0.2	2000	0.45	0.09	63	$7.5 \cdot 10^{-4}$	1.15	3.70
-6	s/d	~	125	2	29	Sand with Gravel	1.88	1.4	0.88	38	25	0	0	0.2	15000	0.42	0.08	60	$9 \cdot 10^{-4}$	0.93	3.70

## d. Hasil Analisis

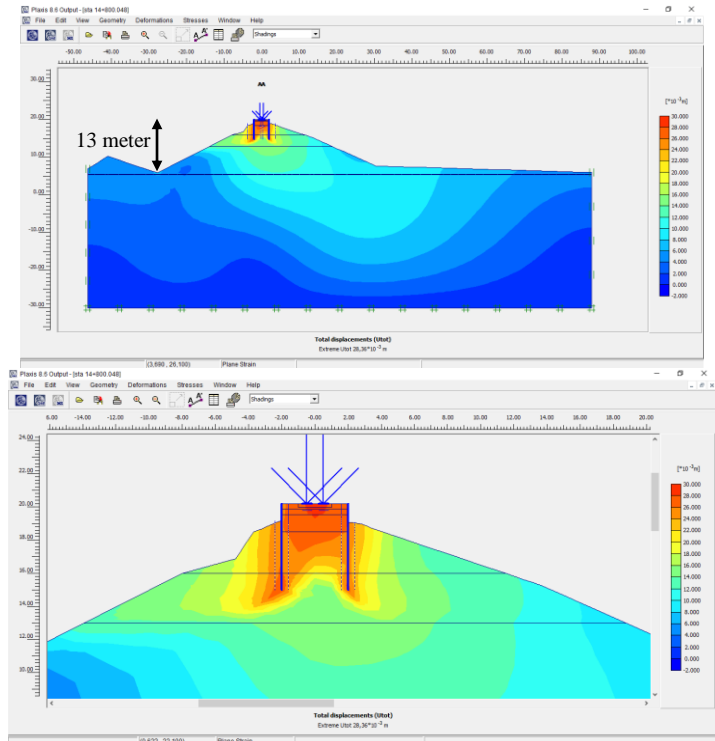


Gambar 5.8 Lokasi KM 14+800

KM. 14+800



Gambar 5.9 Geometri STA KM 14+800, menghadap kearah Banyuwangi



*Gambar 5.10 Kondisi Eksisting KM 14+800*

Berdasarkan hasil analisis dengan Plaxis (**Gambar 5.10**) diperoleh  $SF < 1$  (Kondisi Collapses)

### 5.1.2.3 Zona C (KM. 32+000 – 32+100)

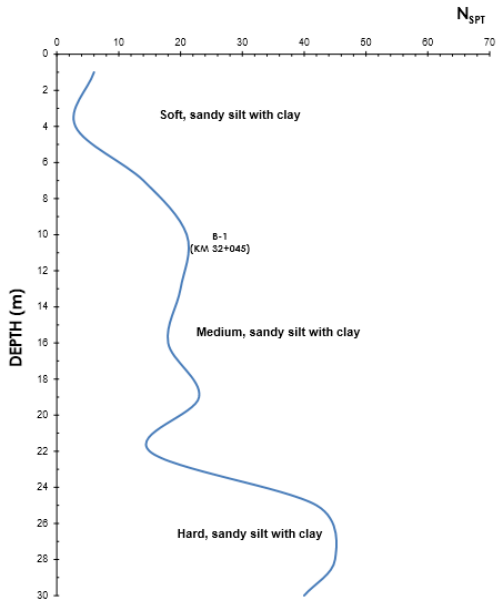
#### a. Lay out

Lokasi titik penyelidikan tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.11**



Gambar 5.11 Lokasi Titik Bor & SPT KM. 12+600 - 12+700

#### b. Hasil Boring / SPT / Test Lab



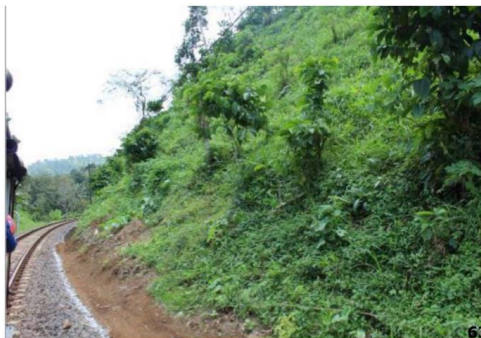
Gambar 5.12 N-SPT v.s Depth (m), B-1 (Sta 32+045)

c. Kriteria Design

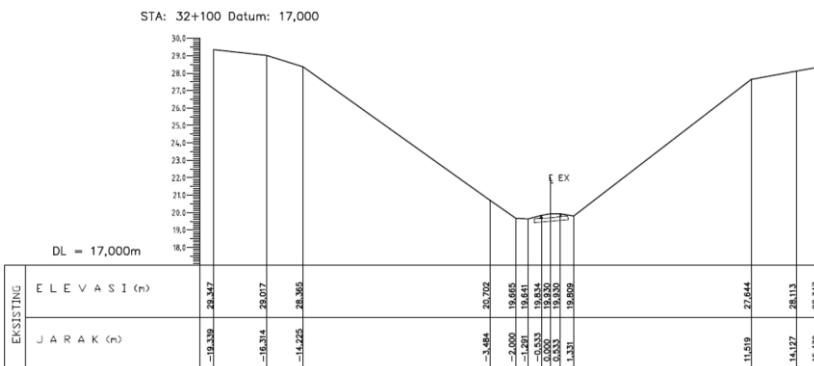
- Resume data tanah untuk input perhitungan

DEPTH m	Thickness m	N <sub>SPT</sub>	Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_{dry}$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\phi^\circ$	$c_u$ t/m <sup>2</sup>	$c'$ t/m <sup>2</sup>	$v$	E t/m <sup>2</sup>	Cc	WL %	Cv cm <sup>2</sup> /s	e
0 s/d -6	6	3	soft, sandy silt with clay	1,71	1,13	0,71	4	0,94	0,63	0,2	150,00	0,35	51,7	6,29E-04	1,39
-6 s/d -24,0	18	12	medium, sandy silt with clay	1,73	1,16	0,73	10	2,50	1,67	0,20	500,00	0,33	49,56	6,57E-04	1,34
-24,0 s/d -30,0	6	40	hard, sandy silt with clay	2,00	1,59	1,00	35	10,00	6,67	0,20	1350,00	0,12	26,09	3,84E-03	0,71

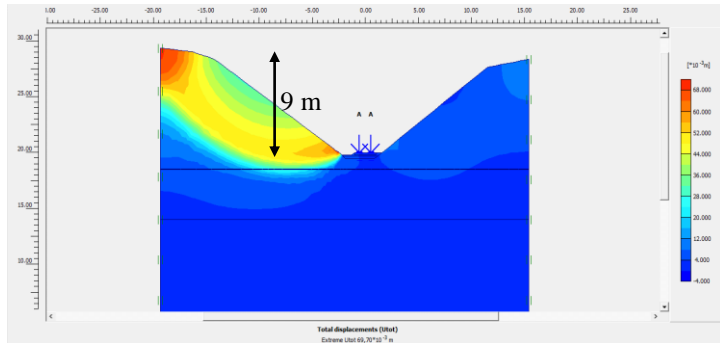
d. Hasil Analisis



Gambar 5.13 Lokasi STA KM 32+!00, menghadap kearah Bangil



Gambar 5.14 Geometri STA KM 32+100, menghadap kearah Banyuwangi



Gambar 5.15 Kondisi Eksisting STA 32+100

Berdasarkan hasil analisis dengan Plaxis (**Gambar 5.15**) diperoleh  $SF < 1$  (Kondisi Collapses)

#### 5.1.2.4 Zona D (KM. 24+800 – 25+400)

##### a. Lay out

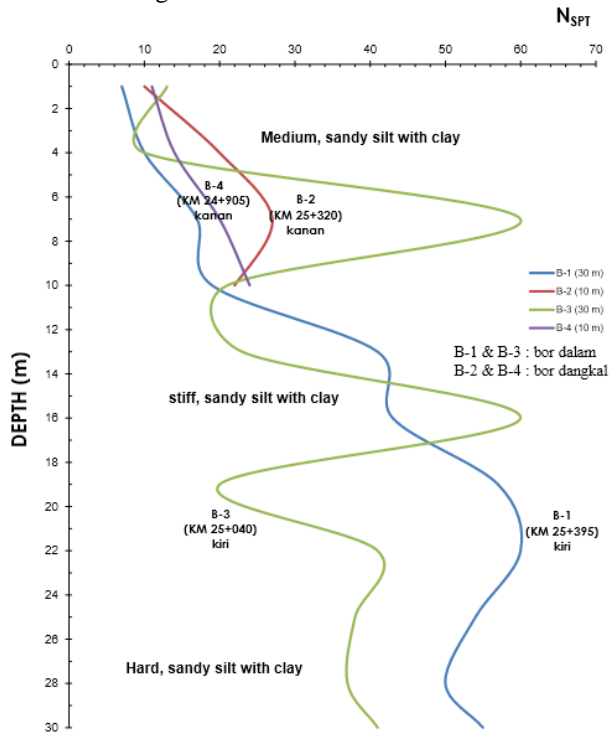
Lokasi titik penyelidikan tanah dapat dilihat pada **Gambar 5.16**



Gambar 5.16 Lokasi Titik Bor & SPT KM. 24+800 - 25+400



## b. Hasil Boring / SPT / Test Lab



Gambar 5.17 N-SPT v.s Depth (m), B-1 s/d B-4, KM 24+800 - 25+400

## c. Kriteria Design

- Resume data tanah untuk input perhitungan

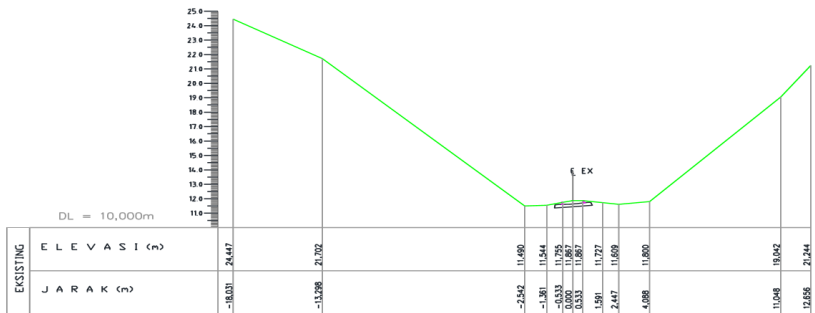
DEPTH m			Thickness m	N <sub>SPT</sub>	Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_{dry}$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\phi^{\circ}$	$c'$ t/m <sup>2</sup>	$\nu$	E t/m <sup>2</sup>	Cc	WL %	Cv cm <sup>2</sup> /s	e
24	s/d	0	24	10	Medium, sandy silt with clay	1,69	1,1	0,69	8	1,45	0,2	475,00	0,37	53,9	6,00E-04	1,5
0	s/d	-10,0	10	14	Medium, sandy silt with clay	1,78	1,23	0,78	12,00	1,87	0,20	500,00	0,28	44,17	7,33,E-04	1,19
-10,0	s/d	-22,0	12	22	Stiff, sandy silt with clay	1,87	1,38	0,87	20,00	4,87	0,20	600,00	0,20	35,32	8,83,E-04	0,96
-22,0	s/d	-30,0	8	40	Hard, sandy silt with clay	2,00	1,59	1,00	30,00	6,67	0,20	1500,00	0,12	26,09	3,84,E-04	0,71

d. Hasil Analisis

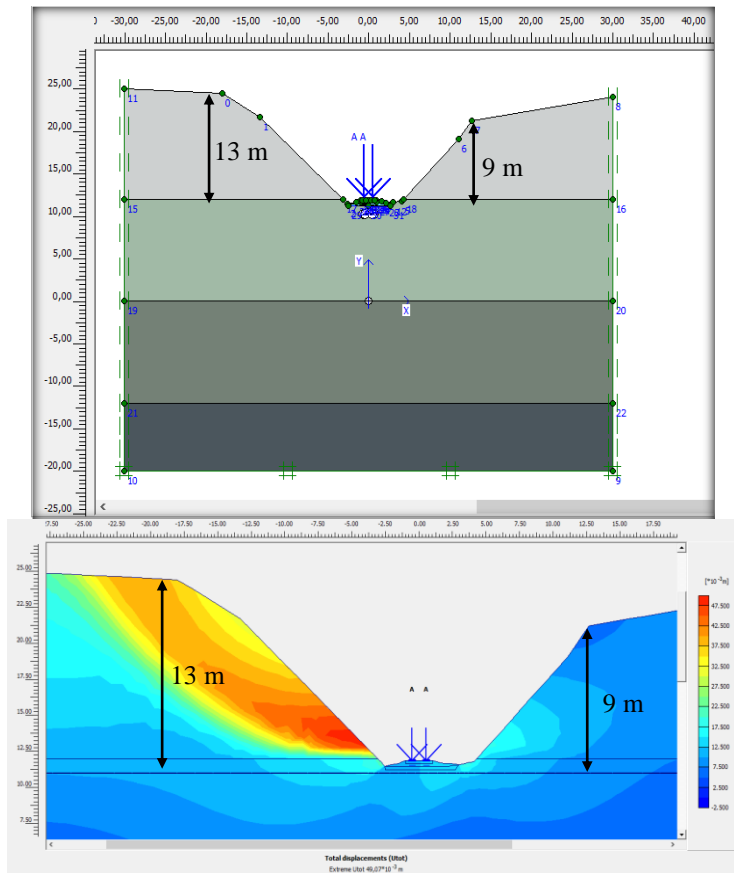


Gambar 5.18 Lokasi STA KM 25+100, menghadap kearah Banyuwangi

KM. 25+100



Gambar 5.19 Geometri STA KM 25+100, menghadap kearah Banyuwangi



Gambar 5.20 Kondisi Eksisting KM 25+100

Berdasarkan hasil analisis dengan Plaxis (**Gambar 5.20**) diperoleh  $SF < 1$  (Kondisi Collapses)

Berdasarkan analisis kondisi existing dengan program Plaxis, terlihat bahwa *safety factor*  $< 1.0$ , hal ini menunjukkan bahwa lokasi tersebut mengalami kelongsoran (*collapses*) sesuai dengan kenyataan yang ada dilapangan. Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa terjadi pergerakan horizontal yang ditandai dengan kemiringan beberapa turap beton di badan timbunan. Apabila kondisi ini dibiarkan maka kelongsoran besar suatu saat dapat terjadi. Oleh karena itu, perlu dilakukan langkah preventif pada zona – zona tersebut dengan memasang perkuatan timbunan dan lereng untuk mendapat *safety factor* yang direncanakan sesuai peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 tahun 2012 yakni sebesar **1,5**. Selanjutnya dari hasil analisis stabilitas ini akan direncanakan alternatif perkuatan timbunan dan lereng dengan menggunakan kombinasi :

- a) Turap beton CCSP (Corrugated Concrete Sheet Pile)
- b) Turap rel kereta api
- c) Cerucuk beton
- d) Bronjong
- e) *Grouting*
- f) *Counterweight*

Analisis perencanaan perkuatan dibahas lebih detail pada **Sub Bab 5.2**.

## 5.2 Perencanaan Perkuatan Timbunan dan Lereng

Dari hasil analisis stabilitas lereng timbunan maupun terhadap lereng tebing tinggi dikiri kanan existing jalan rel dengan bantuan program Plaxis berbasis finite element, tampak bahwa kondisinya di 4 (empat) lokasi (STA) sangat kritis atau runtuh (*sliding & puncture*) dengan safety factor  $< 1.00$ . Kesimpulannya diperlukan langkah *soil improvement* dan atau *soil reinforcement* untuk menaikkan *safety factor* menjadi lebih besar atau paling tidak mendekati  $SF = 1,50$ .

Banyak tipe *soil improvement* dan *soil reinforcement* yang berkembang dan ada di Indonesia, namun tidak semua metode tersebut dapat diterapkan pada kasus jalan rel Bangil - Banyuwangi. Jalan rel yang akan ditingkatkan stabilitasnya bukan merupakan rencana jalan rel baru, melainkan merupakan *existing single track* yang area bebas dikiri-kanannya sangat terbatas dan dengan tingkat frekuensi *traffic* Kereta Api yang relatif tinggi. Disinilah letak kesulitannya dalam menentukan metode perbaikan dan perkuatan tanah yang tepat.

Beberapa kriteria sebagai persyaratan dalam memilih dan menentukan alternatif metode perbaikan dan perkuatan tanah (lereng) untuk kasus jalan rel Bangil - Banyuwangi :

- Operasional dan lalu lintas Kereta Api tidak boleh terganggu.
- Tipe perbaikan tanahnya ada dan dapat dilaksanakan oleh Kontraktor atau Sub Kontraktor khusus perbaikan & perkuatan tanah di Indonesia.
- Metode *soil improvement* atau *soil reinforcement* terpilih harus dapat dilaksanakan dengan keterbatasan lahan bebas (*space sempit*) di sekitar *rail track* yang ada.
- Metode pelaksanaannya jangan sampai menimbulkan keruntuhan baru lereng existing yang relatif sudah stabil dengan *safety factor* kecil.
- Metode terpilih relatif sederhana dan tidak mahal.

Dari beberapa kriteria tersebut, beberapa metode perbaikan atau perkuatan tanah yang memungkinkan adalah :

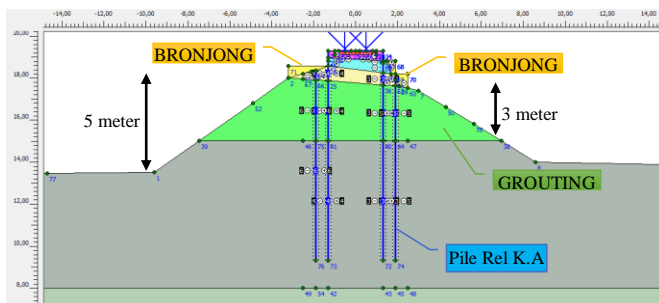
- Meningkatkan kekuatan geser lapisan tanah (*cohesion, internal angle friction, dry density*) dengan cara *soil injection* atau *grouting*.
- Memberi timbunan sebagai *counter weight* dikiri kanan kaki lereng tubuh jalan.
- Membentuk lereng timbunan atau tebing menjadi bertangga (terasiring) dan lebih landai.
- Memberi batu-batu bronjong atau yang sejenis.
- Memberi penahan tanah seperti turap beton atau rel-rel bekas dengan kedalaman yang pelaksanaannya menghindari penggunaan *crane* pancang.

Berdasarkan hasil analisis stabilitas *railway track existing* Banyuwangi-Bangil maka berikut ini adalah alternative perbaikan tanah dan perkuatan yang dapat dilakukan pada masing-masing lokasi.

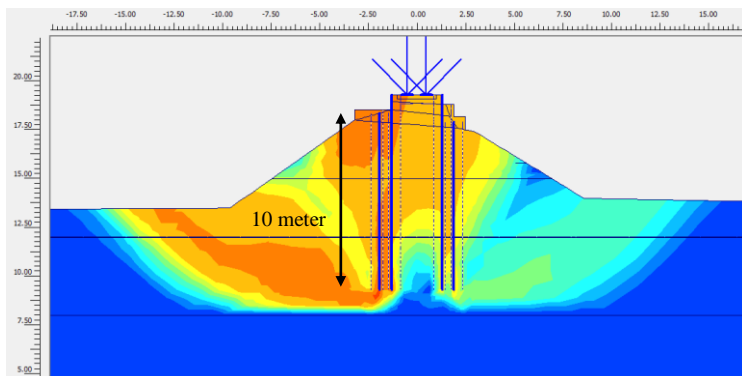
### 5.2.1 Zona A LOKASI : KM. 12+600

#### 1) Opsi - 1 : 4 Cerucuk Rel KA (11 m) + Bronjong + Grouting + Counterweight.

Perkuatan menggunakan perbaikan tanah (*Grouting*) 3 meter ( $\gamma_{sat} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ ) dikombinasikan dengan Bronjong  $\gamma_{sat} = 22,0 \text{ kN/m}^3$  dan 4 Cerucuk Rel KA panjang 10 m seperti pada **Gambar 5.21**.

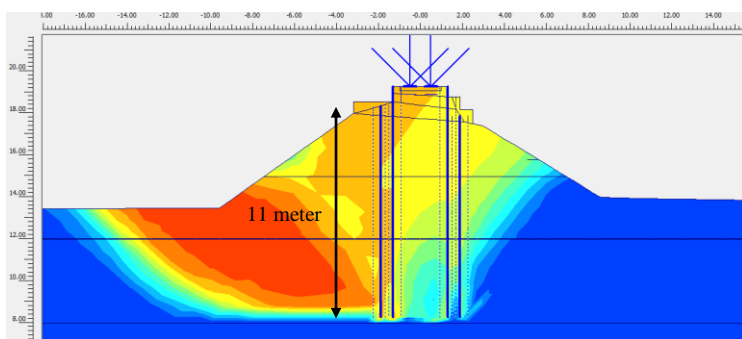


Gambar 5.21 Perkuatan timbunan STA 12+600



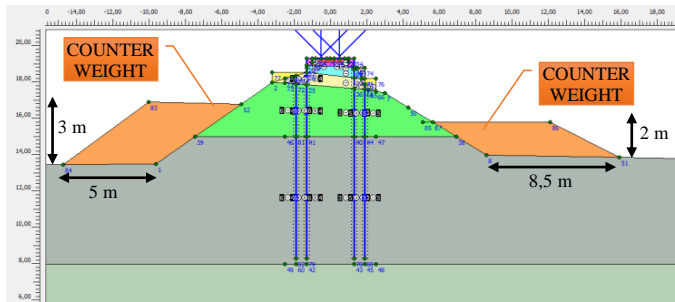
Gambar 5.22  $SF$  sliding = 1,2148

Terlihat pada **Gambar 5.22** bila digunakan perbaikan tanah (*Grouting* ;  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ ) dikombinasikan dengan Bronjong ( $\gamma_{\text{sat}} = 22,0 \text{ kN/m}^3$ ) dan 4 Cerucuk Rel KA panjang 10 m menghasilkan *safety factor* ( $SF$ ) **1,2148** < 1,50 (tidak memenuhi syarat).

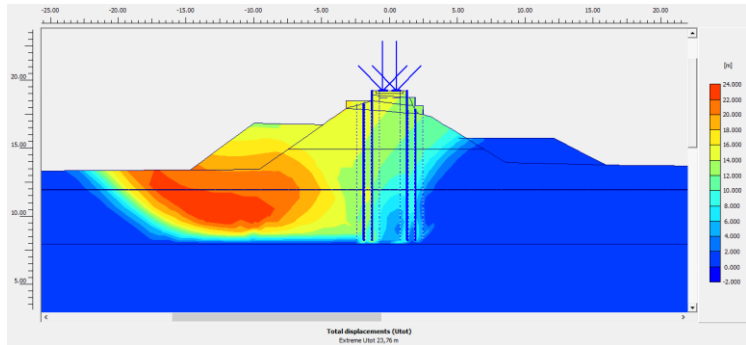


Gambar 5.23  $SF$  sliding = 1,4323

Apabila panjang 4 Cerucuk Rel KA dipanjangkan menjadi 11 m seperti pada **Gambar 5.23**, maka *safety factor* ( $SF$ ) meningkat menjadi **1,4323** (belum memenuhi syarat).



Gambar 5.24 Perkuatan timbunan STA. 12+600



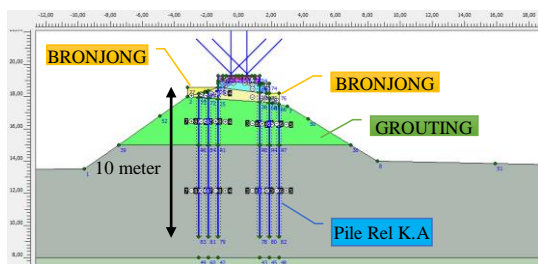
Gambar 5.25 SF sliding = 1,5757

Apabila ditambahkan *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug)  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  dan perbaikan tanah (*Grouting* ;  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ ) dikombinasikan dengan Bronjong ( $\gamma_{\text{sat}} = 22,0 \text{ kN/m}^3$ ) dan 4 Cerucuk Rel KA panjang 11 m seperti pada **Gambar 5.24** dan **Gambar 5.25**, maka menghasilkan *safety factor* (SF) **1,5757** > 1,5 (Aman).

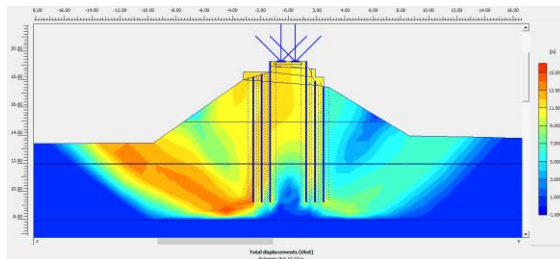


## 2) Opsi – 2 : 6 Cerucuk Rel KA (11m) + Bronjong + Grouting

Perkuatan menggunakan perbaikan tanah (*Grouting*) 3 meter ( $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ ) dikombinasikan dengan Bronjong ( $\gamma_{\text{sat}} = 22,0 \text{ kN/m}^3$ ) dan 6 Cerucuk Rel KA panjang 10 m seperti pada **Gambar 5.26**.

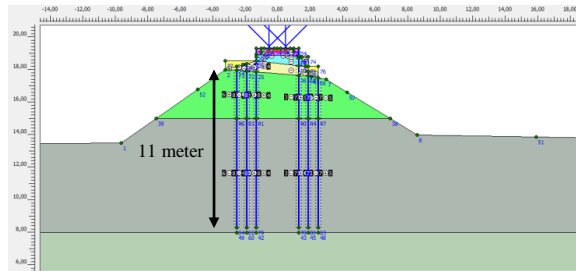


Gambar 5.26 Perkuatan timbunan STA. 12+600

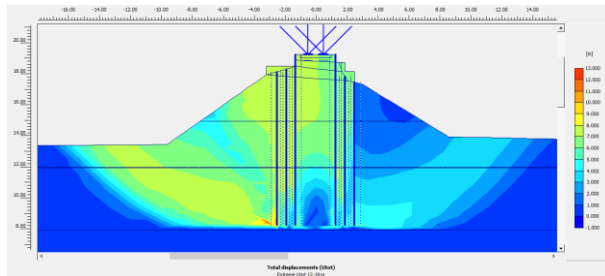


Gambar 5.27 SF sliding = 1,3343

Terlihat pada **Gambar 5.27** bila digunakan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  dikombinasikan dengan Bronjong  $\gamma_{\text{sat}} = 22,0 \text{ kN/m}^3$  dan 6 Cerucuk Rel KA panjang 10 m menghasilkan *safety factor* (SF) **1,3343** < 1,50 (tidak memenuhi syarat).



Gambar 5.28 Perkuatan timbunan STA. 12+600

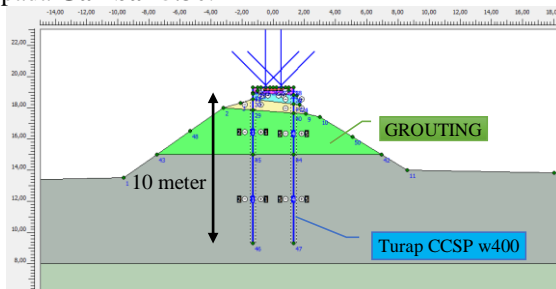


Gambar 5.29  $SF$  sliding = 1,5850

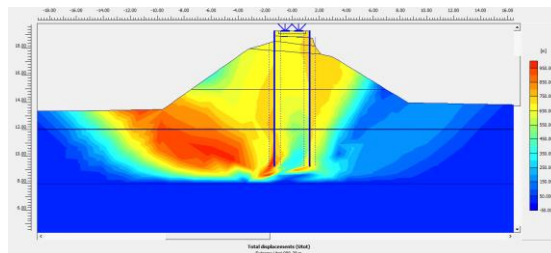
Apabila panjang 6 Cerucuk Rel KA dipanjangkan menjadi 11 m dikombinasikan dengan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{sat} = 17,5$  kN/m<sup>3</sup>,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30$  kN/m<sup>2</sup> dan Bronjong  $\gamma_{sat} = 22,0$  kN/m<sup>3</sup> seperti pada **Gambar 5.29** dan **Gambar 5.30**, maka *safety factor* ( $SF$ ) meningkat menjadi **1,5850** > 1,5 (Aman).

3) **Opsi – 3 : 2 Turap CCSP W-500mm (12 m) + Grouting + Counterweight**

Perkuatan menggunakan perbaikan tanah (*Grouting*) 3 meter ( $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ ) dan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) tebal = 400 mm ; panjang = 10 m seperti pada **Gambar 5.30**.

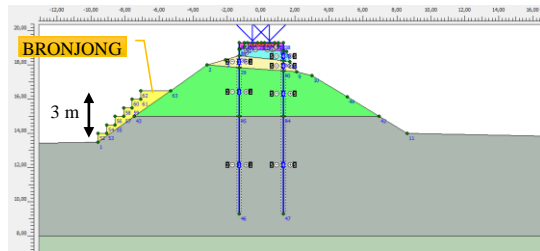


Gambar 5.30 Perkuatan Timbunan STA. 12+600

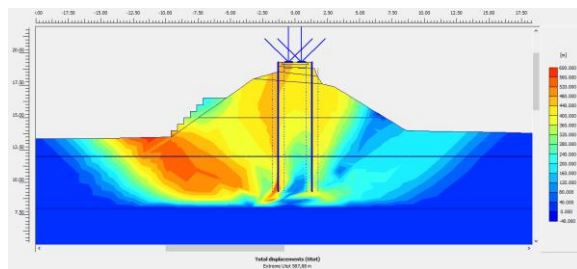


Gambar 5.31  $SF_{\text{sliding}} = 1,2119$

Terlihat pada **Gambar 5.31** bila digunakan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  dan 2 Turap Beton CCSP tebal 400 mm ; panjang 10 m menghasilkan *safety factor* (SF) **1,2119** < 1,50 (tidak memenuhi syarat).

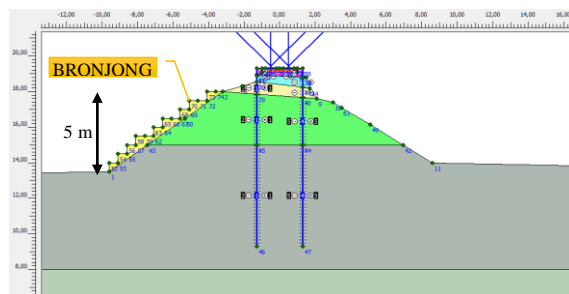


Gambar 5.32 Perkuatan Timbunan STA. 12+600

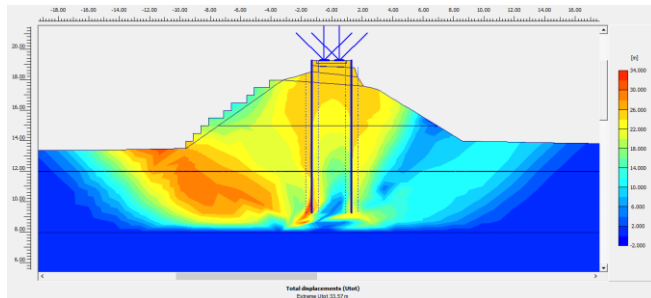


Gambar 5.33 SF sliding = 1,2242

Apabila ditambah Bronjong setinggi 3 m ( $\gamma_{\text{sat}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) bertangga vertical 50 cm, horizontal 50 cm dan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  dan 2 Turap Beton CCSP tebal 400 mm ; panjang 10 m seperti pada **Gambar 5.32** dan **Gambar 5.33**, maka menghasilkan *safety factor* (SF) **1,2242** < 1,50 (tidak memenuhi syarat).

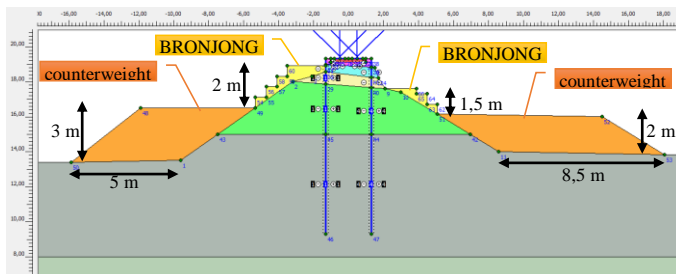


Gambar 5.34 Perkuatan timbunan STA. 12+600

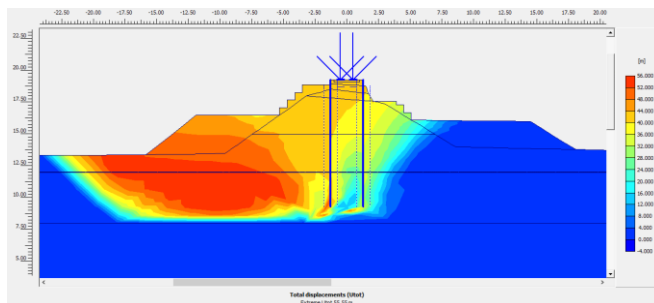


Gambar 5.35 SF sliding = 1,2262

Apabila Bronjong ditambah menjadi 5 m seperti pada **Gambar 5.34** dan **Gambar 5.35**, menghasilkan *safety factor* (SF) **1,2262** < 1,50 (tidak memenuhi syarat).

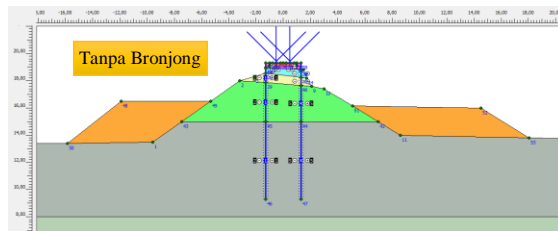


Gambar 5.36 Perkuatan Timbunan STA. 12+600

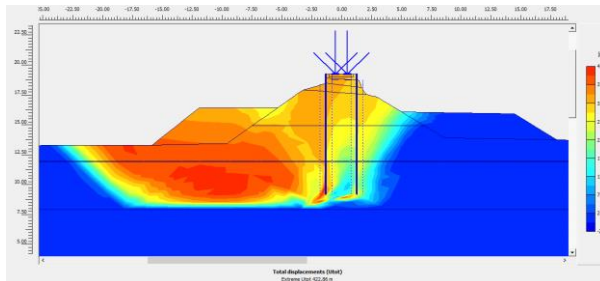


Gambar 5.37 SF sliding = 1,3224

Apabila ditambah *Couterweight* berupa tanah timbunan (urug)  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  dan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  serta 2 Turap Beton CCSP tebal 400 mm ; panjang 10 m dikombinasikan dengan Bronjong  $\gamma_{\text{sat}} = 22 \text{ kN/m}^3$  seperti pada **Gambar 5.36** dan **Gambar 5.37**, maka menghasilkan *safety factor* (SF) **1,3224** < 1,50 (tidak memenuhi syarat).

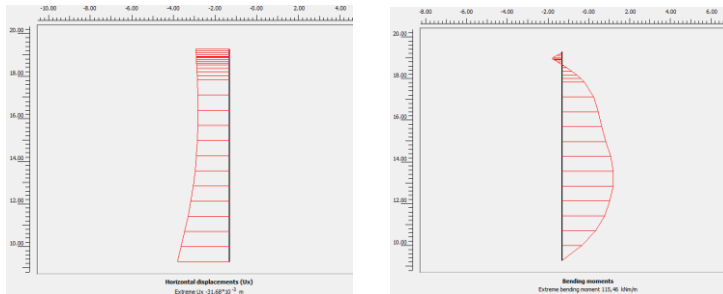


Gambar 5.38 Perkuatan Timbunan STA. 12+600



Gambar 5.39 SF sliding = 1,3778

Apabila Bronjong yang membebani timbunan dihilangkan seperti pada **Gambar 5.38** dan **Gambar 5.39**, maka *safety factor* (SF) meningkat **1,3778** < 1,50 (belum memenuhi syarat tapi kondisi aman). Dengan metode apapun prinsipnya tidak mengganggu frekuensi lalu lintas Kereta Api, sulit untuk mencapai SF = 1,50.

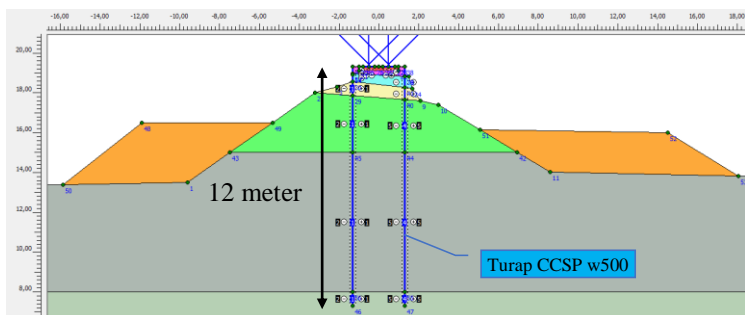


Gambar 5.40 Horizontal Displacement dan Bending Moment

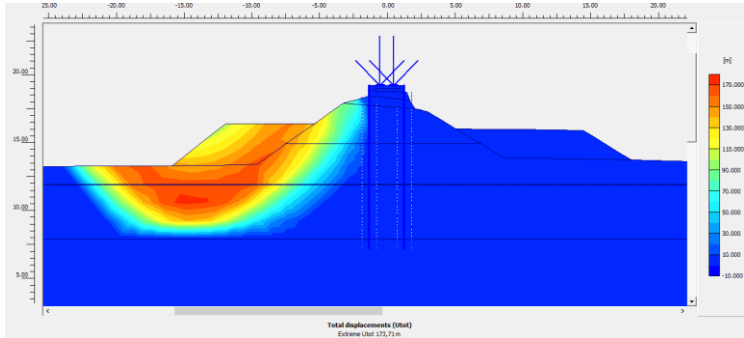
Berdasarkan **Gambar 5.40** maka terjadi :

- Horizontal Displacement = 3,168 m
- Bending Moment = 11,546 ton-m
- Moment crack CCSP tebal 400 mm type A = 20,10 ton-m (Brosur WIKA BETON)
- (  $SF = \frac{20,10}{11,546} = 1,74 < 2$ , **NOT OK** )

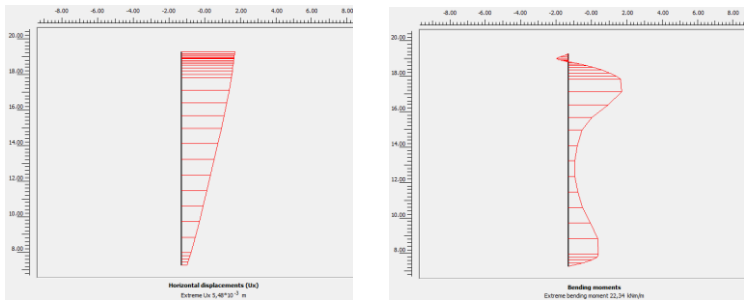
Karena Bending Moment dan Moment Crack Turap masih  $< 2$  (NOT OK), maka dimensi turap diperbesar dan diperdalam dengan memakai Turap CCSP tebal 500 mm type A ; panjang 12 meter seperti pada **Gambar 5.41** dan **Gambar 5.42**.



Gambar 5.41 Perkuatan timbunan STA.12+600



Gambar 5.42  $SF$  sliding = 1,7833



Gambar 5.43 Horizontal Displacement dan Bending Moment

Terlihat pada **Gambar 5.42** apabila dimensi turap diperdalam dan diperbesar dengan memakai Turap CCSP type A tebal 500 mm ; 12 m dikombinasikan dengan *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug)  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  dan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ , maka menghasilkan *safety factor* ( $SF$ ) = **1,7833** > 1,5 (Aman).

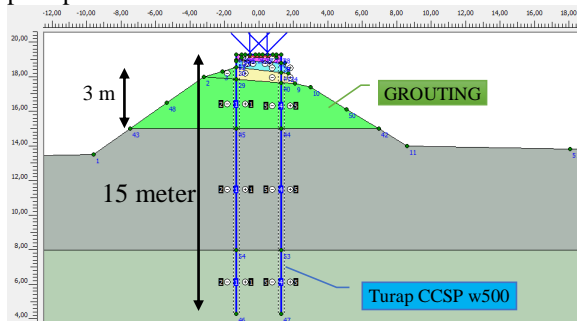
Berdasarkan **Gambar 5.43** maka terjadi :

- Horizontal Displacement = 0,548 cm
- Bending Moment = 2,234 ton-m
- Moment crack CCSP tebal 500 mm type A = 35,20 ton-m (Brosur WIKA BETON)
- ( $SF = \frac{35,20}{2,234} = 15,756 > 2$ , **OK**)

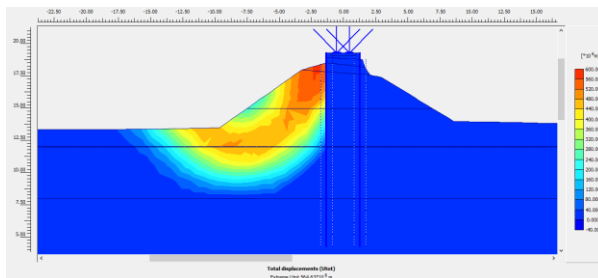


#### 4) **OPSI 4 : 2 Turap CCSP W-500 (15 m) + Grouting**

Perkuatan menggunakan perbaikan tanah (*Grouting*) 3 meter ( $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ ) dan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) type-A tebal = 500 mm ; panjang = 15 m seperti pada **Gambar 5.44** dan **Gambar 5.45**.

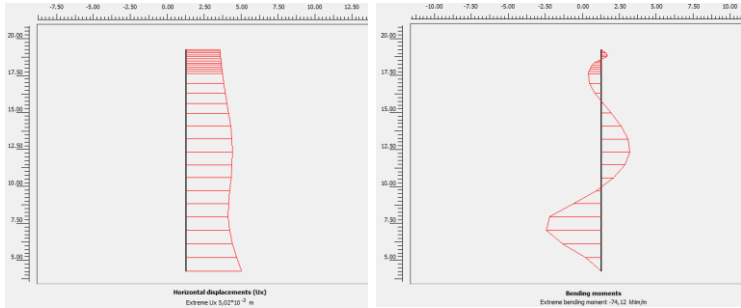


Gambar 5.44 Perkuatan Timbunan STA. 12+600



Gambar 5.45 SF sliding = 1,9024

Terlihat pada **Gambar 5.45** bila digunakan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  dan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) type-A tebal = 500 mm ; panjang = 15 m menghasilkan *safety factor* (SF) **1,9024** > 1,50 (Aman).



Gambar 5.46 Horizontal Displacement dan Bending Moment

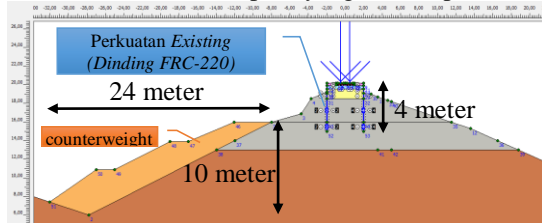
Berdasarkan **Gambar 5.46** maka terjadi :

- Horizontal Displacement = 0,502 cm
- Bending Moment = 7,412 ton-m
- Moment crack CCSP tebal 500 mm type A = 35,20 ton-m (Brosur WIKA BETON)
- $(SF = \frac{35,20}{7,412} = 4,749 > 2, \text{OK})$

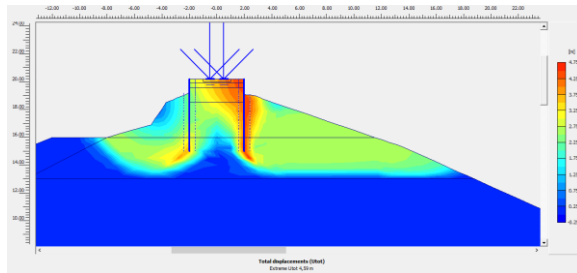
### 5.2.2 Zona B LOKASI : KM. 14+800

- 1) Opsi - 1 : 2 Cerucuk Spun Piles 6 m (SS-300mm) + Counterweight + Grouting

Perkuatan menggunakan *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug) dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  yang ditimbun pada sisi lereng kiri dan perkuatan existing FRC Sheet Piles (*Flat Concrete Sheet Piles*) 4 meter seperti yang terlihat pada **Gambar 5.47**

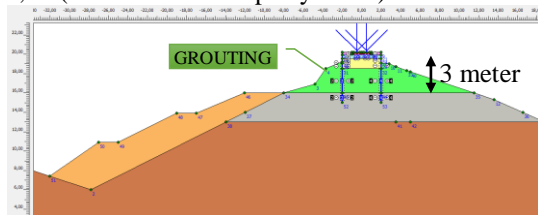


Gambar 5.47 Perkuatan timbunan STA. 14+800

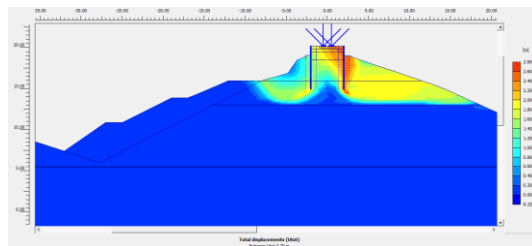


Gambar 5.48 SF sliding = 1,1001

Terlihat pada **Gambar 5.48** apabila *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug) dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  ditimbun pada sisi lereng kiri, maka safety factor (SF) yang terjadi  $1,1001 < 1,50$  (Tidak memenuhi persyaratan).

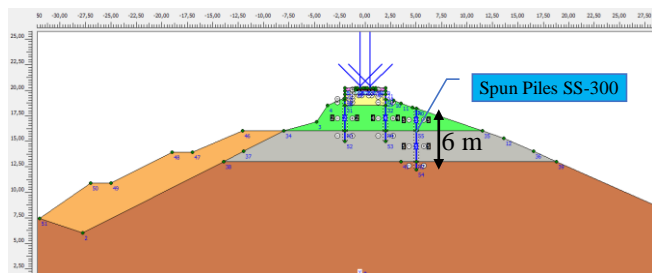


Gambar 5.49 Perkuatan Timbunan STA. 14+800

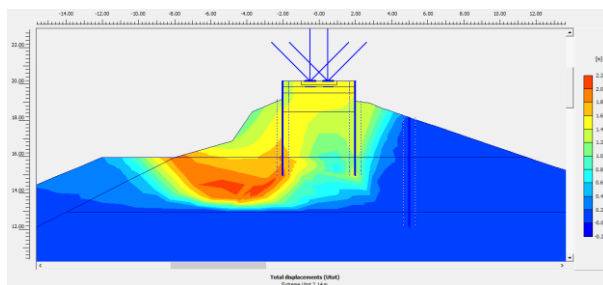


Gambar 5.50 SF sliding = 1,3481

Apabila dilakukan perbaikan tanah (*Grouting*) 3 meter ( $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$ ) dan *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug) dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  seperti pada **Gambar 5.49** dan **Gambar 5.50** menghasilkan *safety factor* (SF)  $1,3481 < 1,50$  (Tidak memenuhi persyaratan).

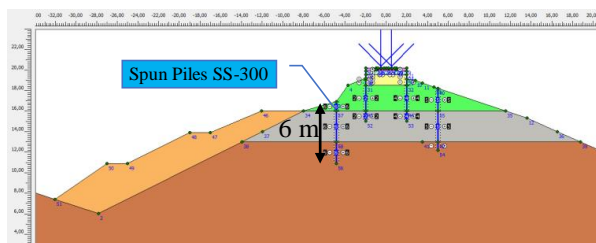


Gambar 5.51 Perkuatan Timbunan STA. 14+800

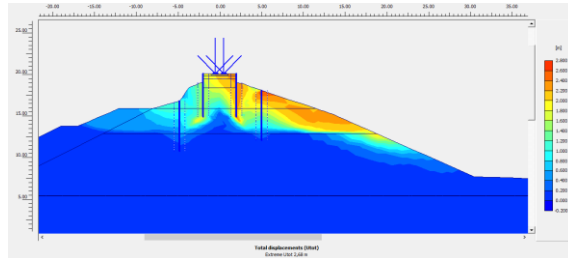


Gambar 5.52 SF sliding = 1,3979

Apabila dipasang 1 Cerucuk Spun Piles 6 m (SS-300mm) pada sisi kanan lereng dan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{sat} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  serta *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug) dengan  $\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  seperti pada **Gambar 5.51** dan **Gambar 5.52**, maka menghasilkan *safety factor* (SF) **1,3979**  $< 1,50$  (Tidak memenuhi persyaratan).



Gambar 5.53 Perkuatan Timbunan STA. 14+800

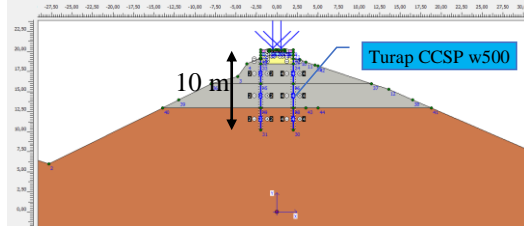


Gambar 5.54 SF sliding = 1,6026

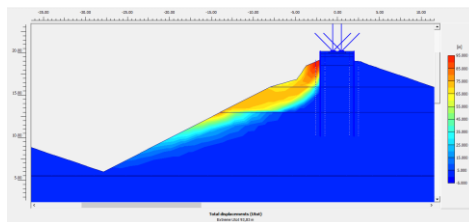
Apabila dipasang 2 Cerucuk Spun Piles 6 m (SS-300mm) pada sisi kiri dan kanan lereng dan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5$  kN/m<sup>3</sup>,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 30$  kN/m<sup>2</sup> serta *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug) dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 18$  kN/m<sup>3</sup>,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10$  kN/m<sup>2</sup> seperti pada **Gambar 5.53** dan **Gambar 5.54**, maka menghasilkan *safety factor* (SF) **1,6026** > 1,50 (Aman).

## 2) Opsi – 2 : Turap CCSP 10 m (w-400 mm)

Perkuatan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) tebal = 400 mm ; panjang = 10 m seperti pada **Gambar 5.55**.

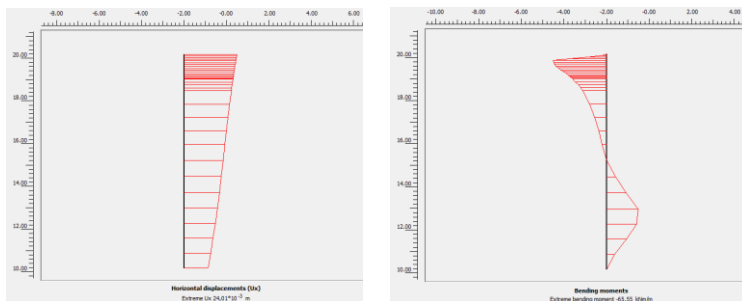


Gambar 5.55 Perkuatan Timbunan STA. 14+800



Gambar 5.56 SF sliding = 1,5766

Terlihat pada **Gambar 5.56** apabila menggunakan perkuatan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) tebal = 400 mm ; panjang = 10 m menghasilkan *safety factor* (*SF*) **1,5776** > 1,5 (Aman).



*Gambar 5.57 Horizontal Displacement dan Bending Moment*

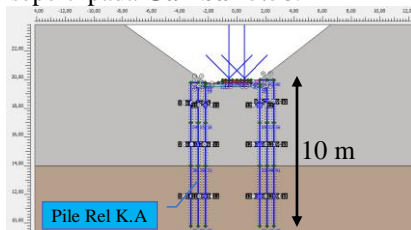
Berdasarkan **Gambar 5.57** maka terjadi :

- Horizontal Displacement = 2,401 cm
- Bending Moment = 6,555 ton-m
- Moment crack CCSP tebal 400 mm type A = 20,10 ton-m (Brosur WIKA BETON)
- ( $SF = \frac{20,10}{6,555} = 3,066 > 2$ , **OK**)

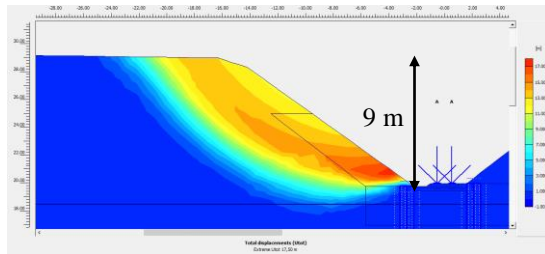
### 5.2.3 Zona C LOKASI : KM. 32+100

- 1) **Opsi - 1** : Pile dari rel kereta api 10 m (3 lapis ; spacing 50 cm) + Bronjong + Grouting

Perkuatan menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) seperti pada **Gambar 5.58**.

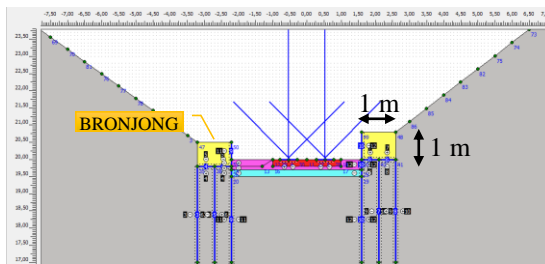


*Gambar 5.58 Perkuatan Lereng STA. 25+100*

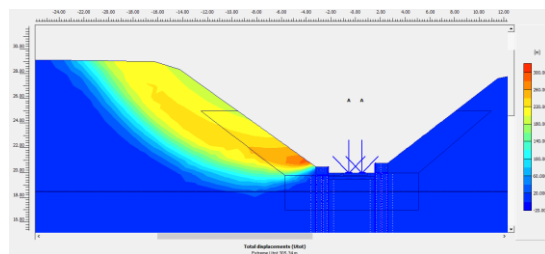


Gambar 5.59  $SF_{sliding} = 1,2992$

Terlihat pada **Gambar 5.59** apabila menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm), maka safety factor (SF) yang terjadi  $1,2992 < 1,50$  (Tidak memenuhi persyaratan).



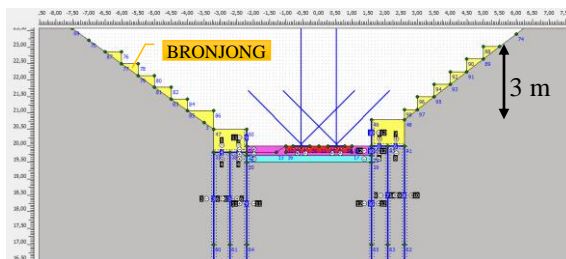
Gambar 5.60 Perkuatan Lereng STA. 25+100



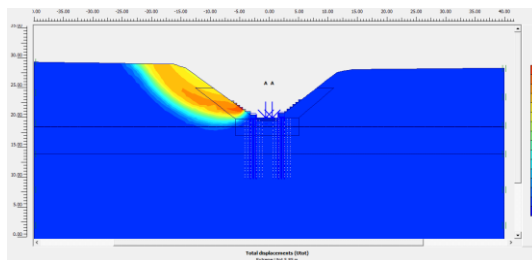
Gambar 5.61  $SF_{sliding} = 1,3326$

Apabila pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) dikombinasikan dengan plengsengan dari Bronjong ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) dimensi 100 cm x 100 cm pada kedua sisi lereng seperti pada

**Gambar 5.60** dan **Gambar 5.61** menghasilkan *safety factor* (SF)  $1,3326 < 1,50$  (Tidak memenuhi persyaratan).



Gambar 5.62 Perkuatan lereng STA. 25+100

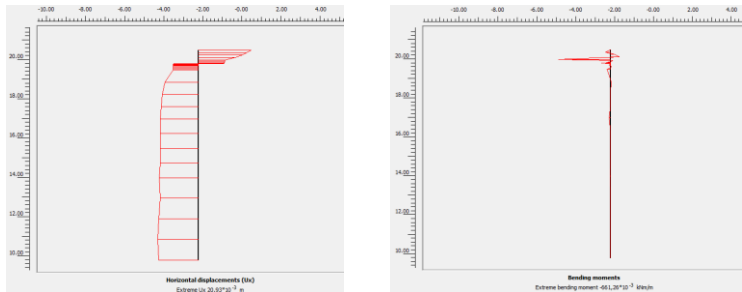


Gambar 5.63 SF sliding = 1,4816

Apabila pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) dikombinasikan dengan plengsengan dari Bronjong setinggi 3 meter ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) bertangga vertical 50 cm, horisontal 50 cm pada kedua sisi lereng seperti pada **Gambar 5.62** dan **Gambar 5.63** menghasilkan *safety factor* (SF)  $1,4816 < 1,50$  (Aman).





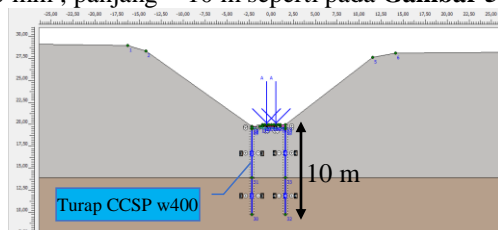


Gambar 5.66 Horizontal Displacement dan Bending Moment

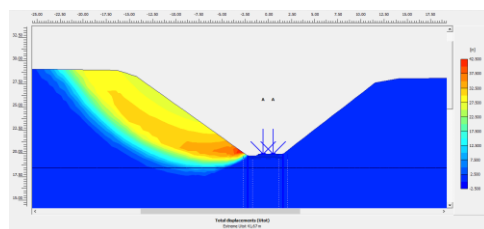
Berdasarkan **Gambar 5.66** maka terjadi :

- Horizontal Displacement = 2,093 m
- Bending Moment = 6,6126 ton-m

2) **Opsi – 2 : Turap CCSP 10 m (w-400 mm) + Bronjong**  
 Perkuatan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*)  
 tebal = 400 mm ; panjang = 10 m seperti pada **Gambar 5.67**.

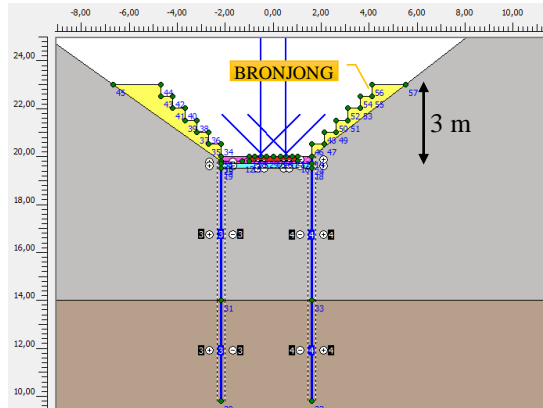


Gambar 5.67 Perkuatan Timbunan STA. 32+100

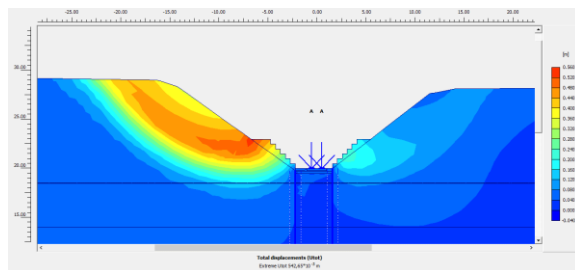


Gambar 5.68 SF sliding = 1,2524

Terlihat pada **Gambar 5.68** apabila menggunakan perkuatan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) tebal = 400 mm ; panjang = 10 m menghasilkan *safety factor* (*SF*) **1,2524** < 1,5 (Tidak Aman).

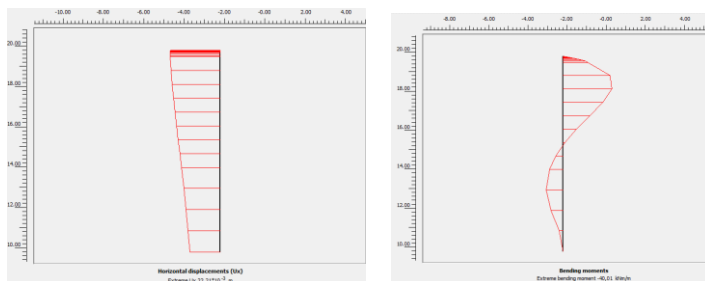


Gambar 5.69 Perkuatan Lereng STA. 32+100



Gambar 5.70 *SF* sliding = 1,5833

Apabila dipasang plengsengan dari Bronjong setinggi 3 meter ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) bertangga vertical 50 cm, horizontal 50 cm pada kedua sisi lereng dikombinasikan dengan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) tebal = 400 mm ; panjang = 10 m seperti pada **Gambar 5.69** dan **Gambar 5.70**, maka menghasilkan *safety factor* (*SF*) **1,5833** > 1,5 (Aman).



Gambar 5.71 Horizontal Displacement dan Bending Moment

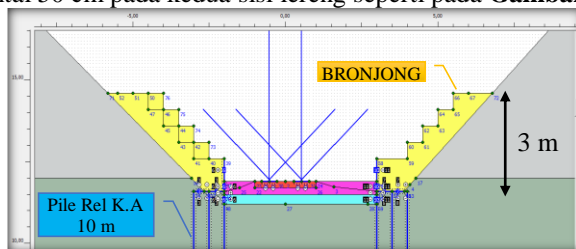
Berdasarkan **Gambar 5.71** maka terjadi :

- Horizontal Displacement = 2,221 cm
- Bending Moment = 4,001 ton-m
- Moment crack CCSP tebal 400 mm type A = 20,10 ton-m (Brosur WIKA BETON)
- ( $SF = \frac{20,10}{4,001} = 5,024 > 2$ , **OK**)

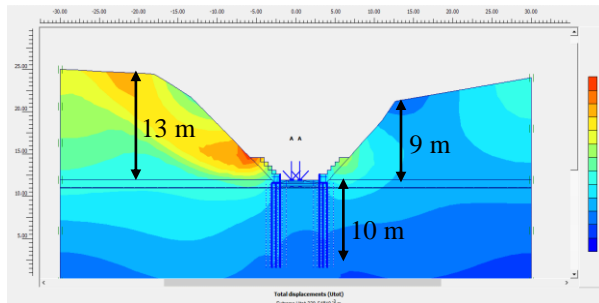
#### 5.2.4 Zona D LOKASI : KM. 25+100

- 1) **Opsi - 1 : Pile dari rel kereta api 10 m (3 lapis ; spacing 50 cm) + Bronjong + Grouting**

Perkuatan menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) dikombinasikan dengan plengsengan dari Bronjong setinggi 3 meter ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) bertangga vertical 50 cm, horizontal 50 cm pada kedua sisi lereng seperti pada **Gambar 5.72**.

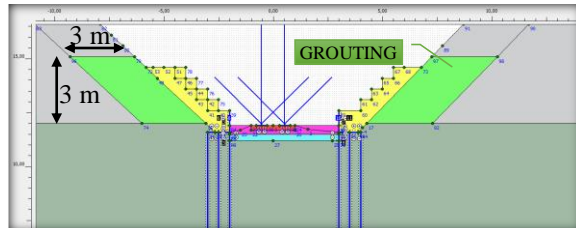


Gambar 5.72 Perkuatan Lereng STA. 25+100

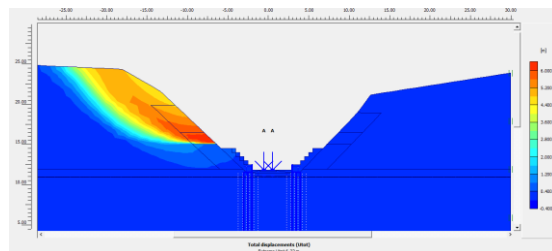


Gambar 5.73 SF sliding = 1,2476

Terlihat pada **Gambar 5.73** apabila menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) dikombinasikan dengan plensengan dari Bronjong setinggi 3 meter ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) bertangga vertical 50 cm, horizontal 50 cm pada kedua sisi lereng), maka safety factor (SF) yang terjadi **1,2476** < 1,50 (Tidak memenuhi persyaratan).

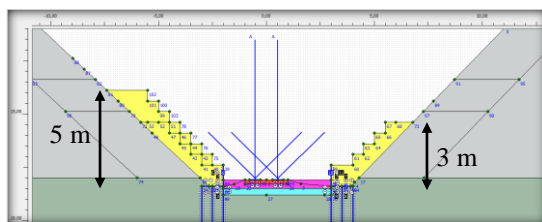


Gambar 5.74 Perkuatan Lereng STA. 25+100

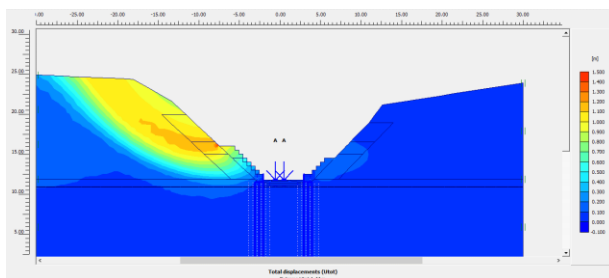


Gambar 5.75 SF sliding = 1,3439

Apabila ditambah perbaikan tanah (*Grouting*) 3 meter ( $\gamma_{\text{sat}} = 17,5$  kN/m<sup>3</sup>,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 35$  kN/m<sup>2</sup>) pada kedua sisi lereng dan Perkuatan menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) dikombinasikan dengan plengsengan dari Bronjong setinggi 3 meter ( $\gamma_{\text{batu}} = 22$  kN/m<sup>3</sup>) bertangga vertical 50 cm, horisontal 50 cm pada kedua sisi lereng seperti pada **Gambar 5.74** dan **Gambar 5.75** menghasilkan *safety factor* (SF) **1,3439** < 1,50 (Tidak memenuhi persyaratan).

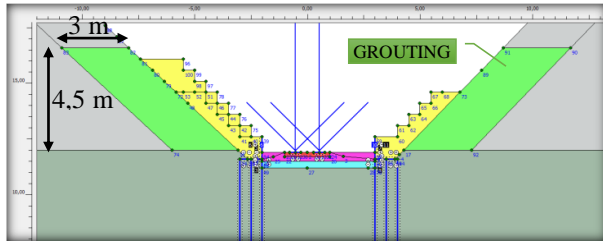


Gambar 5.76 Perkuatan lereng STA. 25+100

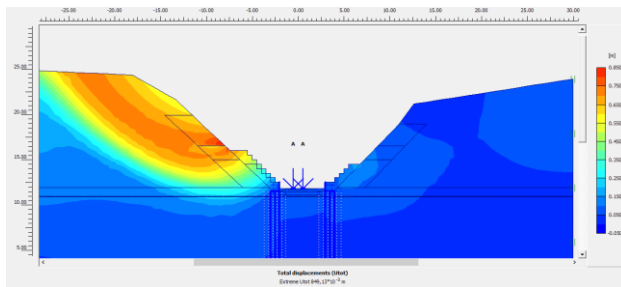


Gambar 5.77 SF sliding = 1,3733

Apabila tidak memakai perbaikan tanah (*Grouting*) namun menambah tinggi dari plengsengan Bronjong ( $\gamma_{\text{batu}} = 22$  kN/m<sup>3</sup>) di lereng sisi kiri menjadi 5 meter dan lereng sisi kanan tetap 3 meter dan dikombinasikan dengan Perkuatan menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) pada kedua sisi lereng seperti pada **Gambar 5.76** dan **Gambar 5.77** menghasilkan *safety factor* (SF) **1,3733** < 1,50 (Tidak memenuhi persyaratan).

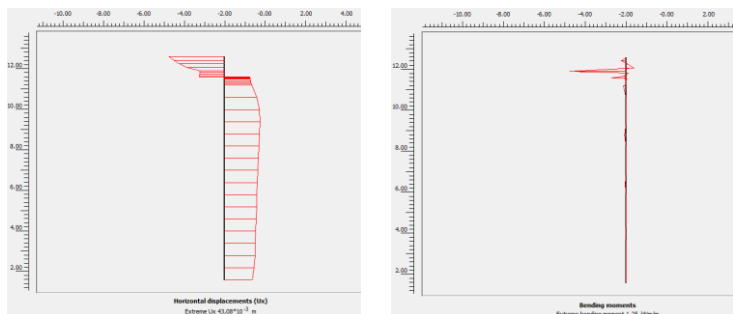


Gambar 5.78 Perkuatan lereng STA. 25+100



Gambar 5.79 SF sliding = 1,4994

Apabila memakai perbaikan tanah (*Grouting*) 4,5 meter ( $\gamma_{\text{sat}} = 17,5$  kN/m<sup>3</sup>,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 35$  kN/m<sup>2</sup>) dan plengsengan Bronjong ( $\gamma_{\text{batu}} = 22$  kN/m<sup>3</sup>) di lereng sisi kiri 5 meter dan lereng sisi kanan 3 meter lalu dikombinasikan dengan Perkuatan menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) pada kedua sisi lereng seperti pada **Gambar 5.78** dan **Gambar 5.79** menghasilkan *safety factor* (SF) **1,4994**  $\approx 1,50$  (Aman).



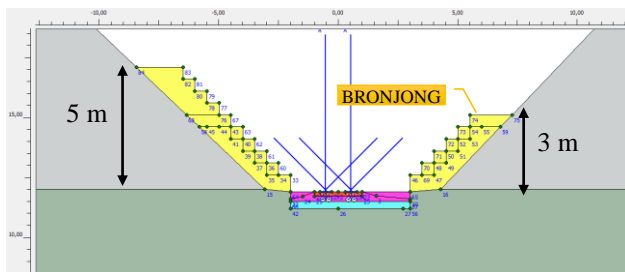
Gambar 5.80 Horizontal Displacement dan Bending Moment

Berdasarkan **Gambar 5.80** maka terjadi :

- Horizontal Displacement = 4,308 cm
- Bending Moment = 0,125 ton-m

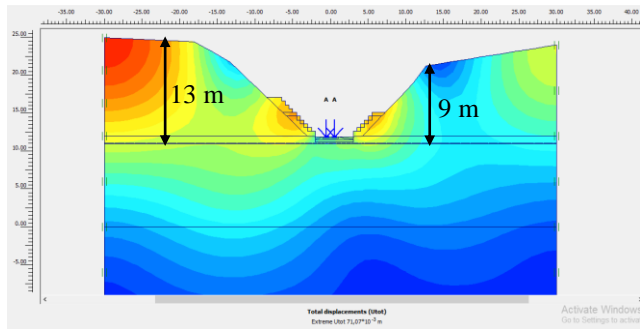
2) **Opsi - 2** : Turap CCSP 10 m (w-400 mm) + Bronjong + Grouting

Perkuatan menggunakan plengsengan dari Bronjong setinggi 5 meter pada lereng di sebelah kiri dan 3 meter pada lereng di sebelah kanan ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) bertangga vertical 50 cm, horisontal 50 cm seperti pada **Gambar 5.81**.



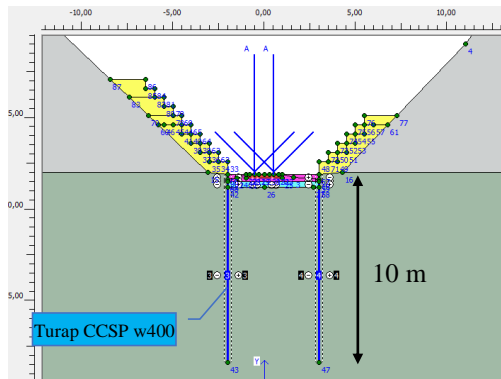
Gambar 5.81 Perkuatan Lereng STA. 25+100



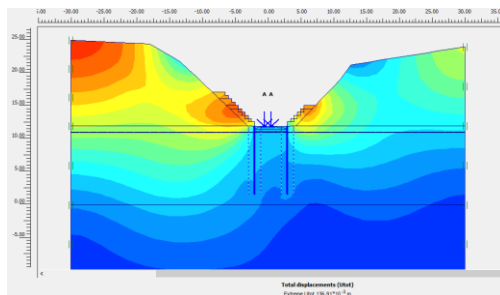


Gambar 5.82 SF sliding < 1 (Collapses)

Terlihat pada **Gambar 5.82** apabila plengsengan dari Bronjong setinggi 5 meter pada lereng di sebelah kiri dan 3 meter pada lereng di sebelah kanan, maka safety factor (SF) yang terjadi < 1 (Tidak memenuhi persyaratan).

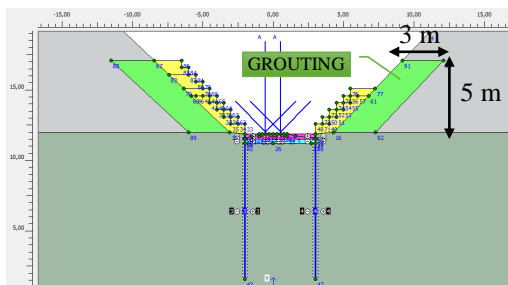


Gambar 5.83 Perkuatan Lereng KM. 25+100

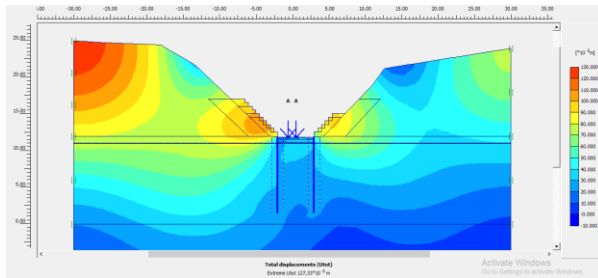


Gambar 5.84 SF sliding = 1,2652

Apabila menggunakan perkuatan 2 Turap Beton CCSP (*Corrugated Concrete Sheet Pile*) tebal = 400 mm ; panjang = 10 m dikombinasikan dengan plensengan dari Bronjong setinggi 5 meter pada lereng di sebelah kiri dan 3 meter pada lereng di sebelah kanan seperti yang terlihat pada **Gambar 5.83** dan **Gambar 5.84** menghasilkan *safety factor* (SF) **1,2652** < 1,5 (tidak memenuhi syarat).

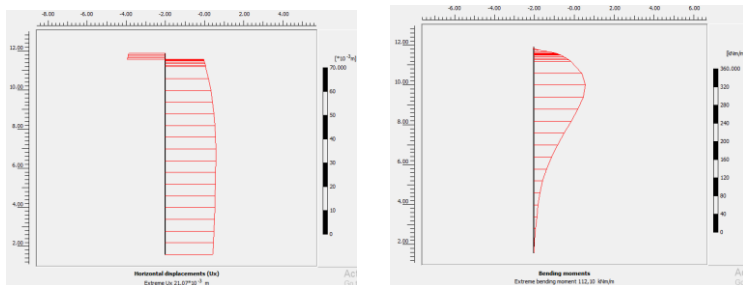


Gambar 5.85 Perkuatan Lereng KM. 25+100



Gambar 5.86 SF sliding = 1,4555

Apabila dilakukan perbaikan tanah (*Grouting*) sedalam 3 meter dan tinggi 5 meter ( $\gamma_{sat} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 35 \text{ kN/m}^2$ ) seperti yang terlihat pada **Gambar 5.85** dan **Gambar 5.86**, maka *safety factor* (SF) meningkat **1,4555** < 1,50 (belum memenuhi syarat tapi kondisi aman). Dengan metode apapun prinsipnya tidak mengganggu frekuensi lalu lintas Kereta Api, sulit untuk mencapai SF = 1,50.



Gambar 5.87 Horizontal Displacement dan Bending Moment

Berdasarkan **Gambar 5.87** maka terjadi :

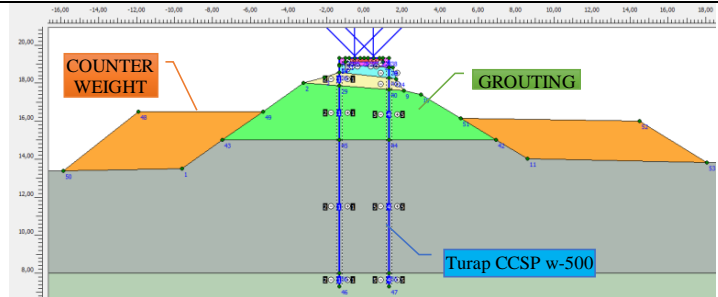
- Horizontal Displacement = 2,107 cm
- Bending Moment = 11,21 ton-m
- Moment crack CCSP tebal 400 mm type A = 20,10 ton-m (Brosur WIKA BETON)

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perkuatan Timbunan dan Lereng pada Tiap Lokasi

Zona	Jenis Perkuatan	Sketsa Perkuatan	SF
<p>ZONA – A STA. SEMPOLAN (KM. 12+600)</p>	<p><b><u>Opsi - 1 : 4 Cerucuk Rel KA (11 m) + Bronjong + Grouting + Counterweight</u></b></p>		<p>1,5757</p>
	<p><b><u>Opsi – 2 : 6 Cerucuk Rel KA (11m) + Bronjong + Grouting</u></b></p>		<p>1,5850</p>

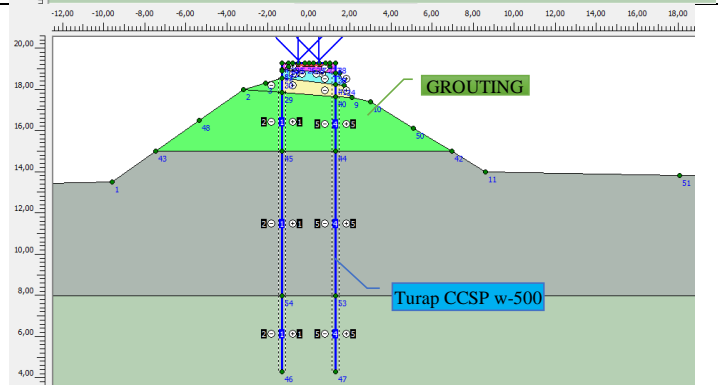
**Opsi – 3 : 2 Turap CCSP W-500mm (12 m) + Grouting + Counterweight**

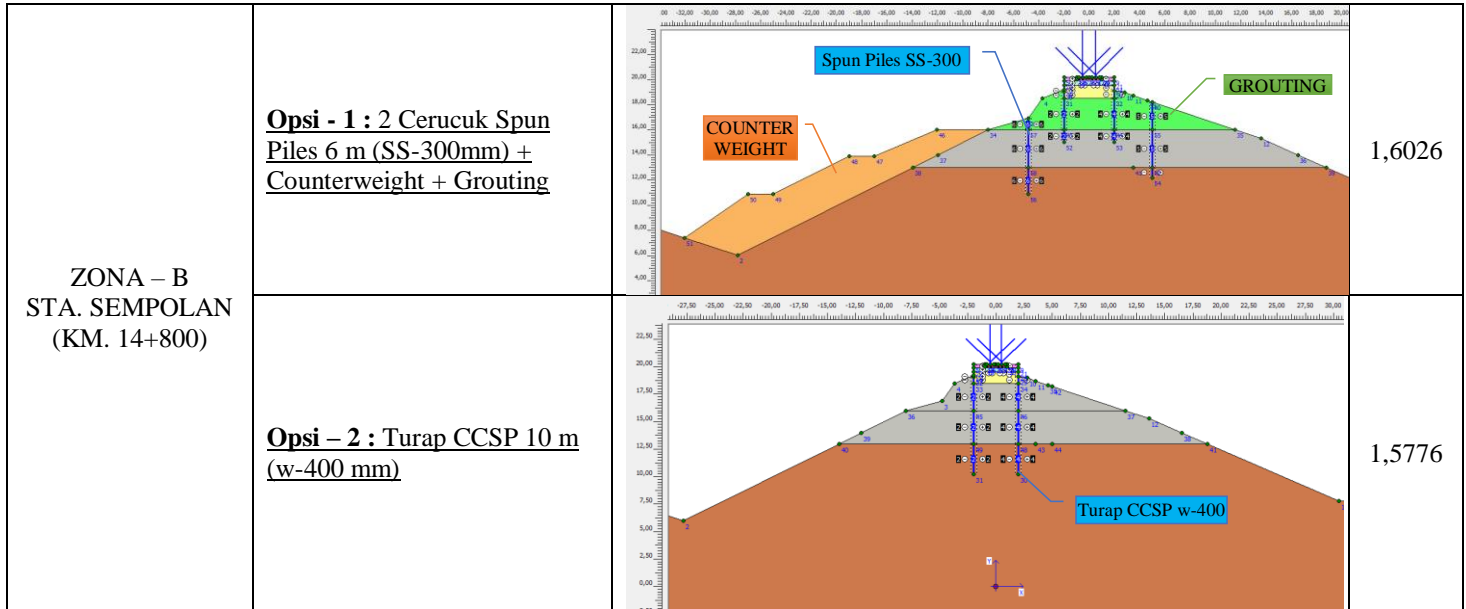
1,7833

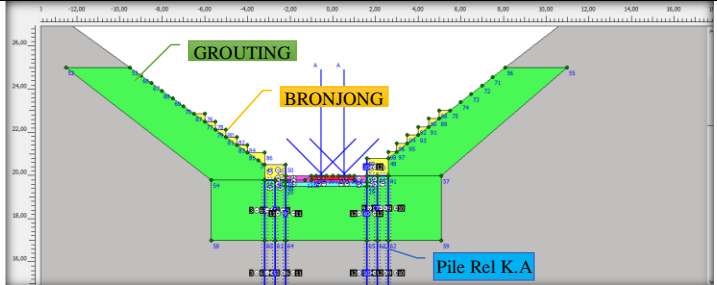
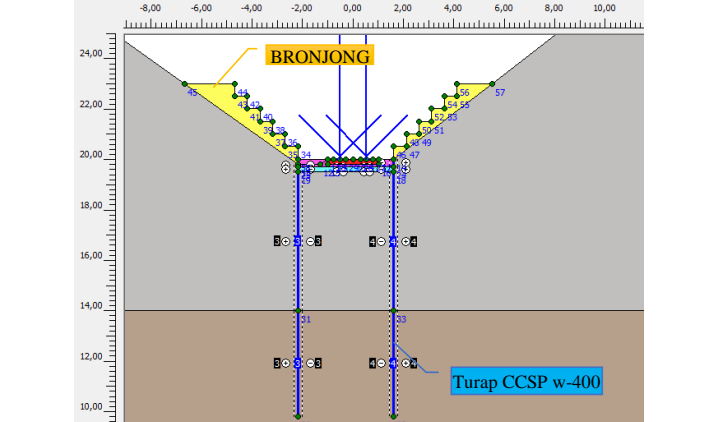


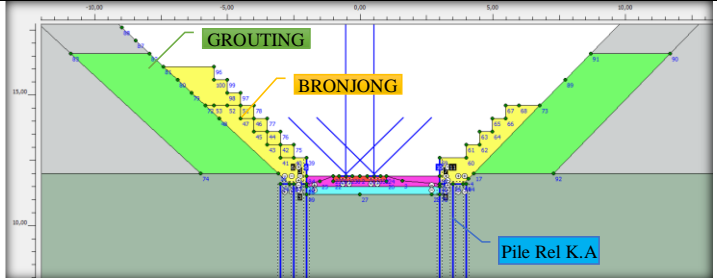
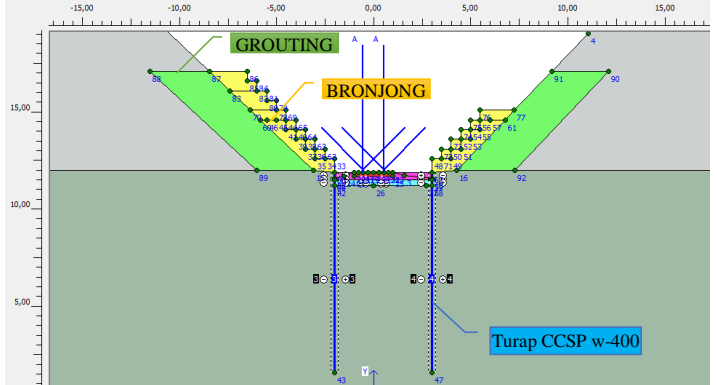
**OPSI 4 : 2 Turap CCSP W-500 (15 m) + Grouting**

1,9024





<p>ZONA – C STA. KALIBARU (KM. 32+100)</p>	<p><b><u>Opsi - 1 : Pile dari rel kereta api 10 m (3 lapis : spacing 50 cm) + Bronjong + Grouting</u></b></p>	 <p>A cross-sectional diagram of a bridge pier foundation. The structure is V-shaped, filled with green material labeled 'GRROUTING'. A central vertical pile is labeled 'Pile Rel K.A'. The top of the structure is labeled 'BRONJONG'. The diagram includes a horizontal axis from -12.00 to 16.00 and a vertical axis from 18.00 to 26.00.</p>	<p>1,6781</p>
	<p><b><u>Opsi – 2 : Turap CCSP 10 m (w-400 mm) + Bronjong</u></b></p>	 <p>A cross-sectional diagram of a bridge pier foundation. The structure is V-shaped, filled with yellow material labeled 'BRONJONG'. A central vertical pile is shown, and two vertical piles on either side are labeled 'Turap CCSP w-400'. The diagram includes a horizontal axis from -8.00 to 10.00 and a vertical axis from 10.00 to 24.00.</p>	<p>1,5833</p>

	<p><b><u>Opsi - 1 : Pile dari rel kereta api 10 m (3 lapis ; spacing 50 cm) + Bronjong + Grouting</u></b></p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a railway track. The ground surface is at 0.00 elevation. The track bed is at approximately 1.00 elevation. Below the track bed, there are three layers of piles (Pile Rel K.A) with a spacing of 50 cm. The piles are supported by a bronzong structure. Grouting is applied to the soil around the piles. The diagram includes a horizontal axis from -15.00 to 15.00 and a vertical axis from 5.00 to 15.00.</p>	<p>1,4994</p>
<p>ZONA – D STA. GARAHAN (KM. 25+100)</p>	<p><b><u>Opsi - 2 : Turap CCSP 10 m (w-400 mm) + Bronjong + Grouting</u></b></p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a railway track. The ground surface is at 0.00 elevation. The track bed is at approximately 1.00 elevation. Below the track bed, there are three layers of CCSP piles (Turap CCSP w-400) with a width of 400 mm. The piles are supported by a bronzong structure. Grouting is applied to the soil around the piles. The diagram includes a horizontal axis from -15.00 to 15.00 and a vertical axis from 5.00 to 15.00.</p>	<p>1,4555</p>



## BAB 6 METODE PELAKSANAAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai metode pelaksanaan dari beberapa opsi perkuatan yang telah di modelkan sebelumnya. Akan dipilih satu metode yang dianggap terbaik pada tiap lokasi sesuai dengan peraturan teknis dan kemudahan pelaksanaan pekerjaan dilapangan.

### 6.1 Pengambilan Keputusan berdasarkan Metode Pelaksanaan

#### 6.1.1 Zona A LOKASI : KM. 12+600

Pada KM. 12+600 terdapat 4 opsi perkuatan antara lain :

Opsi	Jenis Perkuatan	SF
1	4 Cerucuk Rel KA (11 m) + Bronjong + <i>Grouting</i> + <i>Counterweight</i>	1,5757
2	6 Cerucuk Rel KA (11m) + Bronjong + <i>Grouting</i>	1,5850
3	2 Turap CCSP W-500mm (12 m) + <i>Grouting</i> + <i>Counterweight</i>	1,7833
4	2 Turap CCSP W-500 (15 m) + <i>Grouting</i>	1,9024

Dari keempat opsi diatas, **Opsi-2** dipilih sebagai perkuatan yang paling tepat dengan alasan sebagai berikut :

- Opsi – 1 memiliki *safety factor* (SF) 1,5757 yang telah memenuhi persyaratan, namun perkuatan ini menggunakan *counterweight* yang ditimbun di sisi kiri dan kanan timbunan yang merupakan lahan sawah warga, sehingga pembebasan lahan warga menjadi salah satu faktor yang harus dipertimbangkan kembali.
- Opsi – 2 memiliki *safety factor* (SF) 1,5850 yang telah memenuhi persyaratan, perkuatan ini tidak menggunakan *counterweight* sehingga tidak ada permasalahan dalam penggunaan lahan diluar timbunan jalur rel kereta, namun jumlah cerucuk pile rel kereta api yang digunakan lebih banyak dibandingkan dengan Opsi – 1.

- Opsi – 3 memiliki *safety factor* (SF) 1,7833 yang sangat melebihi persyaratan, kekuatan ini juga menggunakan *counterweight* dan dikombinasikan dengan Turap CCSP sepanjang 12 m yang dalam pelaksanaan pemancangan turap memerlukan alat berat *Vibro Hammer*. Penggunaan alat berat dan material pada lokasi ini masih mungkin dapat dilaksanakan namun harus mempertimbangkan ruang bebas (*space*) jalur kereta api yang sempit dan lokasi yang jauh dari perkotaan.
- Opsi – 4 memiliki *safety factor* (SF) 1,9024 dengan menggunakan kekuatan Turap CCSP sepanjang 15 m dan *Grouting* saja sehingga durasi pekerjaan menjadi lebih cepat, namun opsi ini tidak direkomendasikan karena sangat melebihi persyaratan yang ditetapkan.

### 6.1.2 Zona B LOKASI : KM. 14+800

Pada KM. 14+800 terdapat 2 opsi kekuatan antara lain :

Opsi	Jenis Perkuatan	SF
1	2 Cerucuk Spun Piles 6 m (SS-300mm) + Counterweight + Grouting	1,6026
2	Turap CCSP 10 m (w-400 mm)	1,5776

Dari kedua opsi diatas, **Opsi-1** dipilih sebagai kekuatan yang paling tepat dengan alasan sebagai berikut :

- Opsi – 1 memiliki *safety factor* (SF) 1,6026 dengan menggunakan cerucuk *spun piles* sepanjang 6 m yang dalam pelaksanaannya tidak memerlukan *Drop Hammer* kapasitas besar, cukup dengan menggunakan *Drop Hammer* kapasitas kecil (2,5 – 3 ton) yang tidak perlu dibawa dengan *Crane*.
- Opsi – 2 memiliki *safety factor* (SF) 1,5776 dengan menggunakan Turap CCSP sepanjang 10 m yang dalam pelaksanaan pemancangan turap memerlukan alat berat *Vibro Hammer* dan *Crane*. Penggunaan alat berat dan material pada lokasi ini tidak dapat dilaksanakan karena ruang bebas (*space*) jalur kereta api yang sempit dan lereng

kereta yang tinggi sehingga akses masuk alat berat ke lokasi tidak memungkinkan.

### 6.1.3 Zona C KM. 32+100 & Zona D KM. 25+100

Pada KM. 32+100 & KM. 25+100 memiliki geometri dan jenis perkuatan yang sama, masing – masing memiliki 2 opsi perkuatan antara lain :

Opsi	Jenis Perkuatan (KM. 32+100)	SF
1	Pile dari rel kereta api 10 m (3 lapis ; spacing 50 cm) + Bronjong + Grouting	1,6781
2	Turap CCSP 10 m (w-400 mm) + Bronjong	1,5833

Opsi	Jenis Perkuatan (KM. 25+100)	SF
1	Pile dari rel kereta api 10 m (3 lapis ; spacing 50 cm) + Bronjong + Grouting	1,4994
2	Turap CCSP 10 m (w-400 mm) + Bronjong + Grouting	1,4555

Dari kedua opsi diatas, **Opsi-1** dipilih sebagai perkuatan yang paling tepat dengan alasan sebagai berikut :

- Opsi – 1 menggunakan perkuatan cerucuk rel dari kereta api sepanjang 10 m dikombinasikan dengan Bronjong, perkuatan lereng ini sangat cocok pada jalur kereta api yang memiliki *space* sempit dan berada diantara 2 lereng dan berada pada lokasi yang sulit dijangkau. Karena dalam pelaksanaannya tidak memerlukan alat berat dan material yang banyak dan durasi pelaksanaan yang sangat cepat.
- Opsi – 2 menggunakan perkuatan Turap CCSP sepanjang 10 m yang dalam pelaksanaannya memerlukan *Vibro Hammer* dengan kapasitas besar yang dibawa oleh *Crane*. Perkuatan ini tidak dapat dilaksanakan karena *space* jalur kereta api yang sempit.

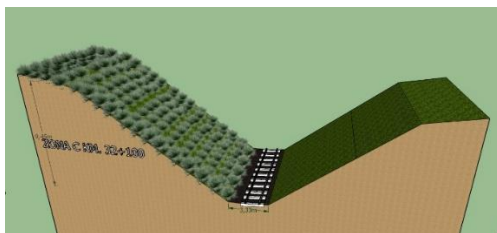
## 6.2 Metode Pelaksanaan

Berikut merupakan metode pelaksanaan yang akan dilaksanakan di lapangan pada tiap zona yang memiliki geometri yang berbeda. Simulasi metode pelaksanaan di modelkan dengan membuat geometri lereng dan jalur kereta api sepanjang 10 meter.

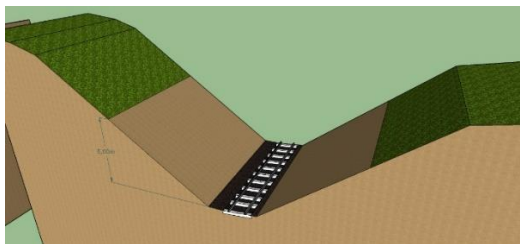
### 6.2.1 Metode Pelaksanaan Zona A (KM 12+600), Zona C (KM 32+100), dan Zona D (KM 25+100).

Zona A, C, dan D memiliki jenis perkuatan yang sama, dibawah ini merupakan metode pelaksanaan dilapangan sebagai contoh untuk ketiga lokasi tersebut.

- Kondisi Eksisting  
Zona C memiliki ketinggian lereng 9,45 meter dengan posisi jalur kereta api berada di dasar lereng dengan ruang bebas jalur kereta api selebar 3,33 meter.

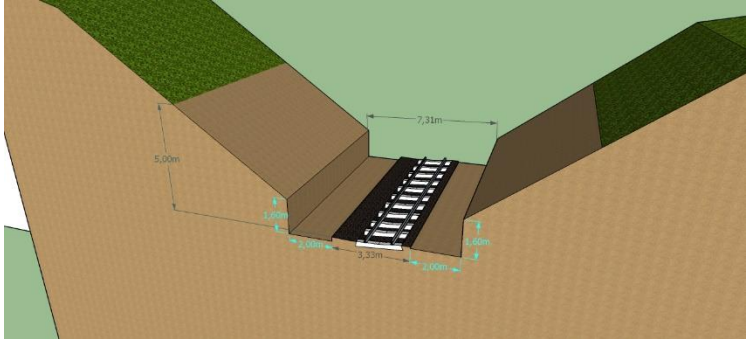


- *Clearing dan Stripping*  
Dilakukan pembersihan lapisan tanah dari rerumputan atau pohon – pohon kecil (perdu) menggunakan cangkul dan *chainsaw*. Serta pembuangan tanah permukaan dari tanah humus sedalam 30 cm.



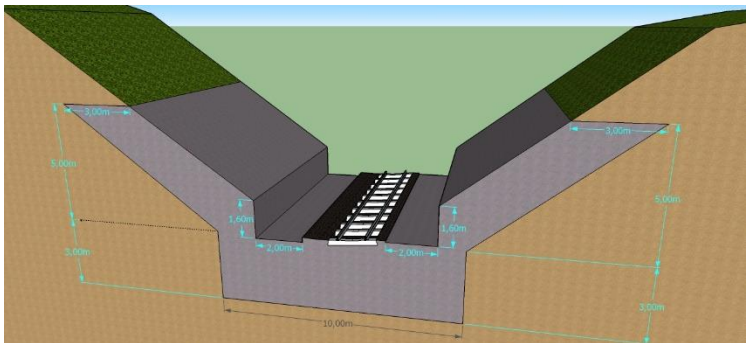
- **Galian**

Tanah di sisi kiri dan kanan dasar lereng di gali dengan ukuran 2,00 x 1,60 meter, space ini akan digunakan sebagai tempat perkuatan Pile Rel Kereta Api dan Bronjong.



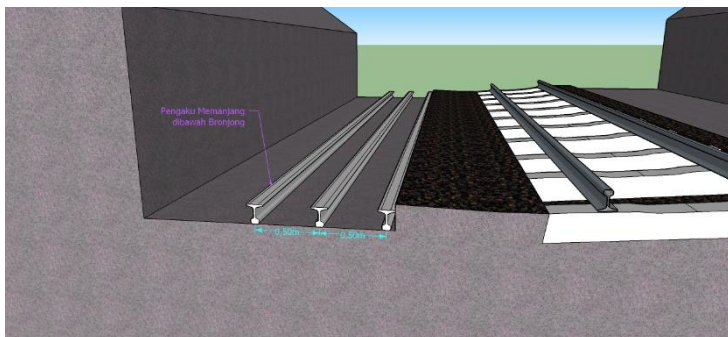
- **Grouting**

Setelah dilakukan penggalian, lereng dan dasar lereng di-grouting sedalam 3 meter dengan menggunakan *grouting injection pump*.

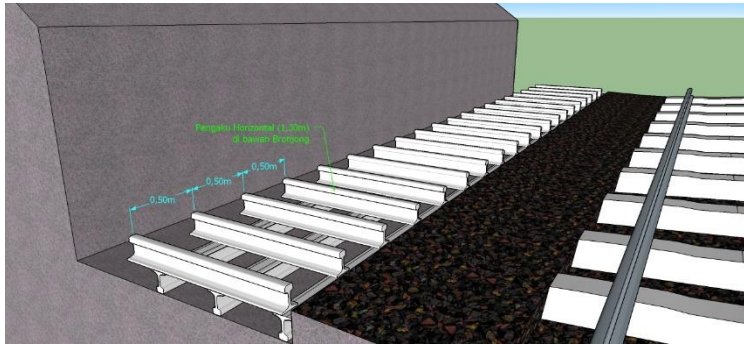




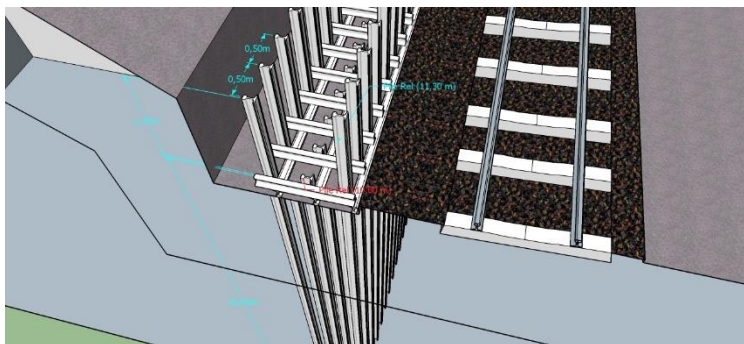
- **Pemasangan Pengaku Memanjang**  
Pengaku memanjang yang berada dibawah bronjong di pasang pada permukaan tanah galian sebagai dudukan. Pengaku memanjang di susun 3 lapis dengan jarak antar pemasangan 0,50 meter.

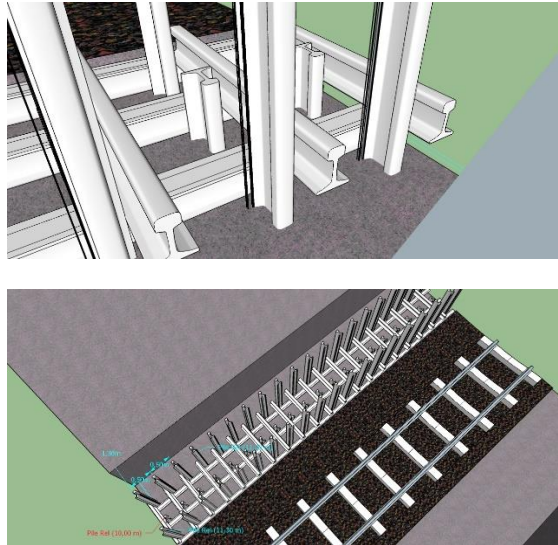


- **Pemasangan Pengaku Horizontal**  
Selanjutnya pengaku horizontal di pasang diatas pengaku memanjang dengan jarak 0,50 m dan di lakukan pengelasan pada tiap sambungan.

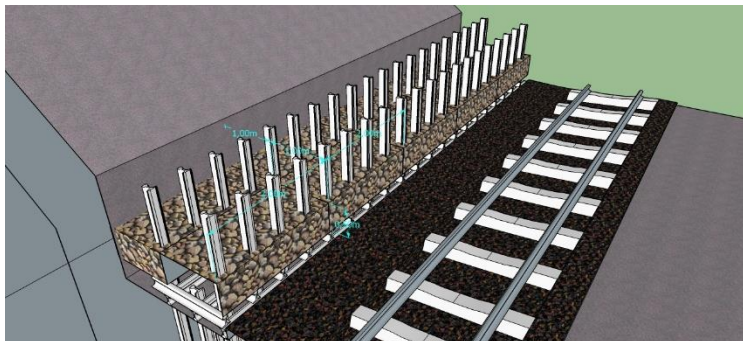


- **Pemancangan Pile Rel**  
Selanjutnya Pile Rel kereta api sepanjang 10,00 meter dan 11,30 meter di pancang dengan jarak 0,50 meter. Sambungan antara pengaku dan Pile Rel juga di las agar menyatu.

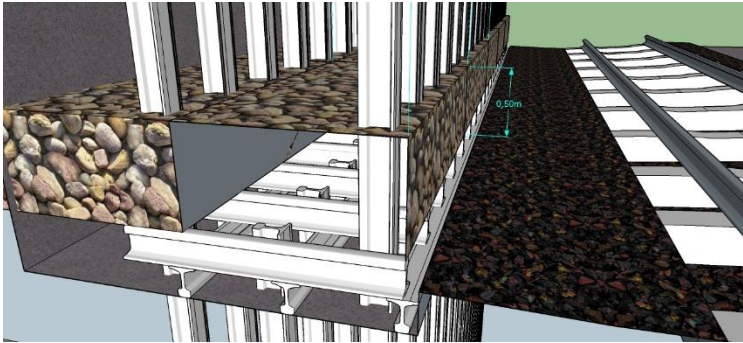




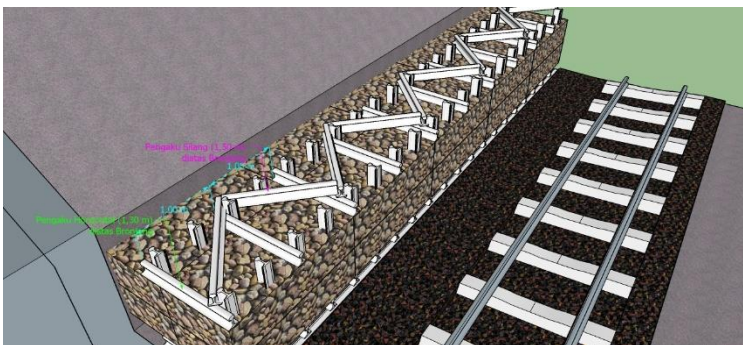
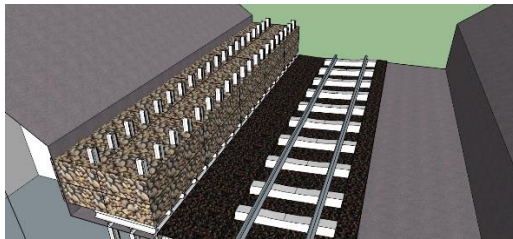
- **Pemasangan Bronjong**  
 Bronjong di pasang dengan ukuran 2 x 1 x 0,5 meter. Pile Rel yang menancap kedalam tanah dibuat tembus dengan Bronjong. Antara Bronjong yang satu dan lainnya di lilit dengan kawat agar menyatu. Setelah kawat tersusun rapi, pecahan batu dimasukkan kedalam susunan kawat Bronjong.



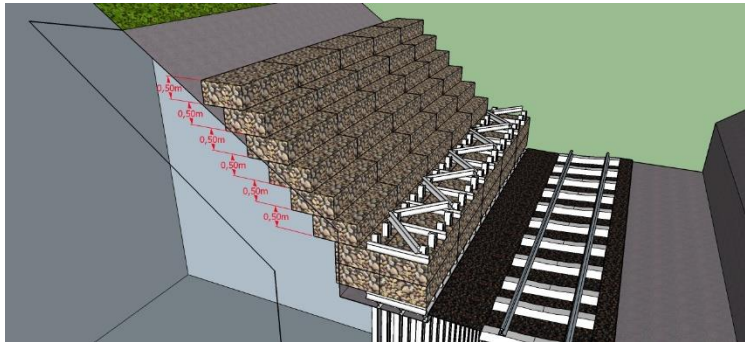




- Pemasangan Pengaku Horizontal dan Pengaku Silang. Bronjong ditumpuk lagi menjadi 2 lapisan. Selanjutnya dipasang Pengaku Horizontal (1,30 m) dan Pengaku Silang (1,50 m) dengan jarak 1,00 meter di atas Bronjong. Sambungan antar pengaku di las agar menyatu.



- Pemasangan Bronjong Tingkat  
Setelah pemasangan Pengaku dari Rel selesai, pemasangan Bronjong dilanjutkan sesuai dengan desain pada gambar perencanaan yaitu bertangga vertical 50 cm dan horizontal 50 cm

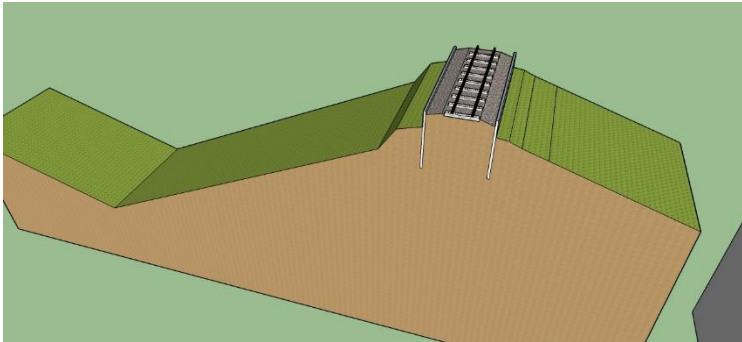


- Perkuatan di sisi kanan.  
Setelah perkuatan di sisi kiri selesai, selanjutnya dikerjakan pemasangan perkuatan kombinasi Pile Rel dan Bronjong dengan cara yang sama.

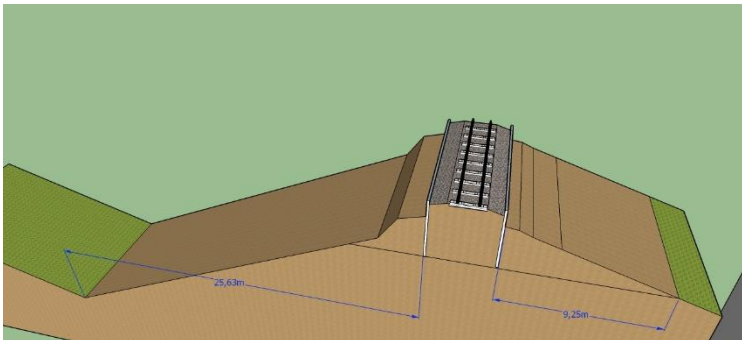


### 6.2.2 Metode Pelaksanaan Zona B (KM 14+800)

- Kondisi Eksisting  
Zona B memiliki ketinggian lereng 10 meter dengan posisi jalur kereta api berada di puncak lereng.

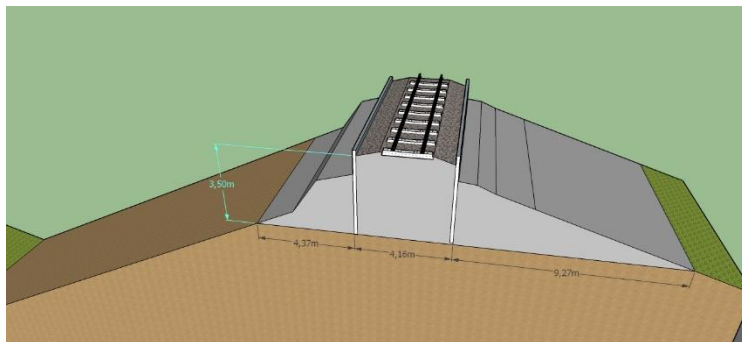


- *Clearing dan Stripping*  
Dilakukan pembersihan lapisan tanah dari rerumputan atau pohon – pohon kecil (perdu) menggunakan cangkul dan *chainsaw*. Serta pembuangan tanah permukaan dari tanah humus sedalam 30 cm.



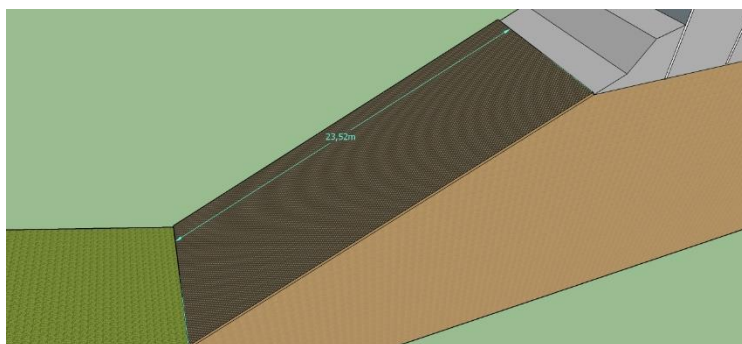
- *Grouting*

Setelah dilakukan *clearing & stripping*, lereng dan dasar lereng di-*grouting* sedalam 3 meter dengan menggunakan *grouting injection pump*.

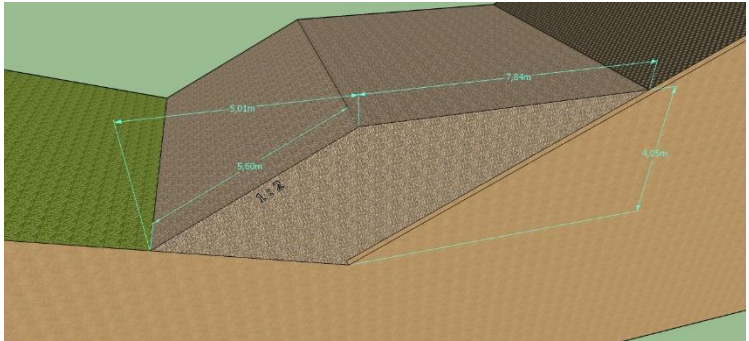


- *Geotextile*

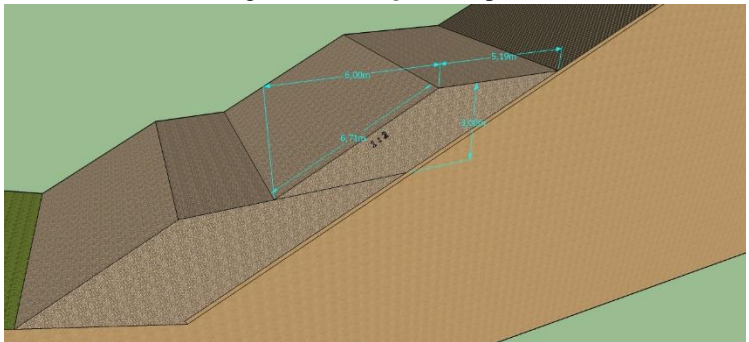
Sepanjang lereng dibentang *Geotextile*, berfungsi sebagai separator antara lapisan tanah dasar lereng dan tanah timbunan urug *Counterweight*.



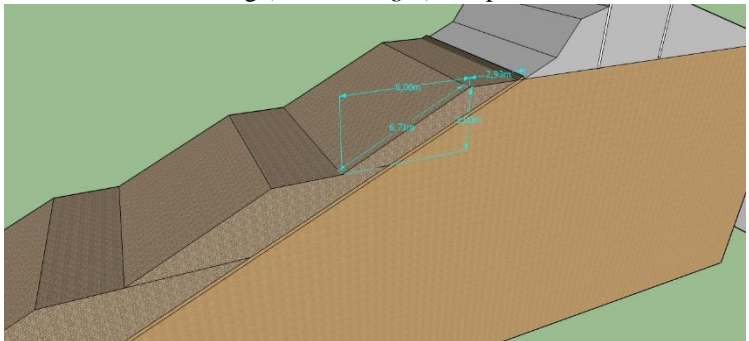
- Penimbunan tanah urug (*counterweight*) tahap 1



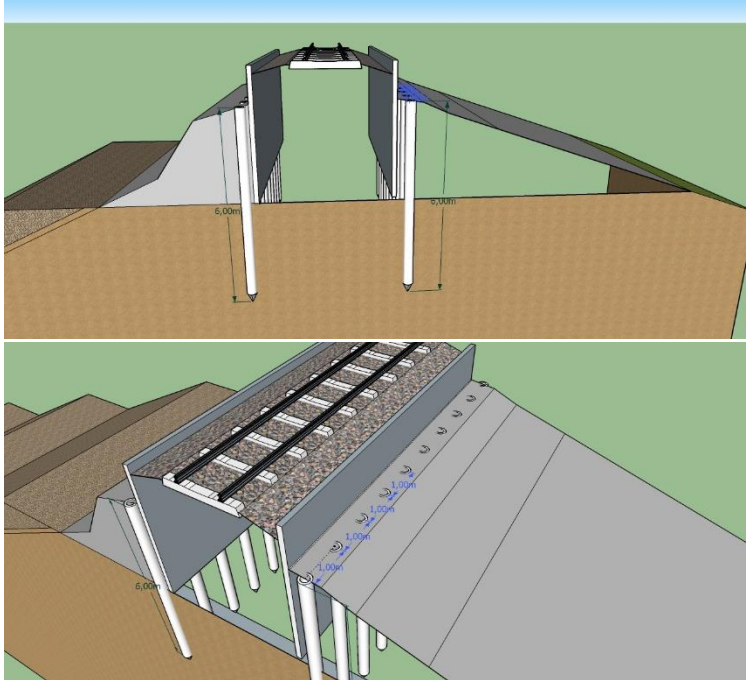
- Penimbunan tanah urug (*counterweight*) tahap 2



- Penimbunan tanah urug (*counterweight*) tahap 3



- Pemasangan cerucuk *Spun Piles* pada sisi jalur kereta api. *Spun Piles* sepanjang 6 m dipancang pada sisi kiri dan kanan jalur kereta api dengan jarak spasi 1 m.



## BAB 7 KESIMPULAN

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Hasil analisis timbunan kondisi eksisting pada Zona A (KM. 12+600), Zona B (KM. 14+800), Zona C (KM. 32+100), dan Zona D (KM. 25+100) adalah *collapses* dengan *safety factor* (SF)  $< 1$ , maka timbunan dan lereng mengalami kelongsoran dan perlu adanya perkuatan pada keempat zona tersebut.
2. Pada Zona A (KM. 12+600) perkuatan yang dipilih adalah **Opsi-2** perkuatan 6 Cerucuk Rel KA (11 m) dikombinasikan dengan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 10^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  dan Bronjong  $\gamma_{\text{sat}} = 22,0 \text{ kN/m}^3$ , menghasilkan *safety factor* (SF) **1,5850**  $> 1,5$  (Aman).
3. Pada Zona B (KM. 14+800) perkuatan yang dipilih adalah **Opsi-1** perkuatan 2 Cerucuk Spun Piles 6 m (SS-300mm) pada sisi kiri dan kanan lereng dan perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  serta *Counterweight* berupa tanah timbunan (urug) dengan  $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 30^\circ$ ,  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ , menghasilkan *safety factor* (SF) **1,6026**  $> 1,50$  (Aman).
4. Pada Zona C (KM. 32+100) perkuatan yang dipilih adalah **Opsi-1** perbaikan tanah (*Grouting*)  $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 30 \text{ kN/m}^2$  dan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) dikombinasikan dengan plengsengan dari Bronjong setinggi 3 meter ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) bertangga vertical 50 cm, horiZontal 50 cm pada kedua sisi lereng, menghasilkan *safety factor* (SF) **1,6781**  $> 1,50$  (Aman).
5. Pada Zona D (KM. 25+100) perkuatan yang dipilih adalah **Opsi-1** perbaikan tanah (*Grouting*) 4,5 meter ( $\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 35 \text{ kN/m}^2$ ) dan plengsengan Bronjong ( $\gamma_{\text{batu}} = 22 \text{ kN/m}^3$ ) di lereng sisi kiri 5 meter dan lereng sisi kanan 3 meter lalu dikombinasikan dengan Perkuatan menggunakan pile dari rel kereta api panjang 10 m (3 lapis spacing 50 cm) pada kedua sisi lereng, menghasilkan *safety factor* (SF) **1,4994**  $\approx 1,50$  (Aman).

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR PUSTAKA

Arya, Wayan dan I.B. Mochtar. 2002. **Pengaruh Penambahan Cerucuk Terhadap Peningkatan Kuat – Geser Tanah Lunak Pada Permodelan di Laboratorium**. Tesis Magister Teknologi, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Badan Standarisasi Nasional. 1999. **SNI 03-0090-1999 Standar Nasional Indonesia : Mutu dan Cara Uji Bronjong dan Kawat Bronjong**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

Badan Standarisasi Nasional. 1999. **SNI 03-6154-1999 Standar Nasional Indonesia : Syarat Bahan Baku Kawat Bronjong**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

Budiyanto, K.Y. 2000. **Pelaksanaan Grouting Bendungan Sangiran Ngawi Jawa Timur**, Pelaksana Boring dan Grouting Bendungan Sangiran.

Craig, R. F., 1989. **Mekanika Tanah Edisi Keempat**. Diterjemahkan B. S. Soepandji. 1995. Jakarta : Erlangga

Das, Braja M., Endah, N., & Mochtar, I. B. 1985. **Mekanika Tanah 1 (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta : Penerbit Erlangga

Das, Braja M., Endah, N., & Mochtar, I. B. 1985. **Mekanika Tanah 2 (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta : Penerbit Erlangga

Das, Braja M., 1998. **Principles of Foundation Engineering 4th Edition**. Pacific Grove : PWS Publishing

Das, Braja M., 2002. **Principles of Geotechnical Engineering 5th Edition**. Pacific Grove : PWS Publishing

Departemen Pekerjaan Umum. 1987. **Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsor ( SKBI – 2.3.06. 1987 )**. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit PU

Dwiyanto, J.S. 2005. **Handout Geoteknik D4 Sungai dan Pantai**. Departemen Pekerjaan Umum. Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Keahlian dan Teknik Konstruksi, Bandung

Endah, Noor. 2009. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS

Mochtar, I. B. 2000. **Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (*Problematic Soils*)**. Teknik Sipil, FTSP – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

NAVFAC DM-7. 1971. **Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta: Erlangga. Design Manual, Soil Mechanics,. Foundation and Earth Structures.

Peraturan Menteri Perhubungan. 2012. **PM No. 60 : Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api**. Jakarta : Menteri Perhubungan Republik Indonesia

PT. Kereta Api Indonesia. 2016. **Peta dan Tabel Daerah Rawan Gempa**. Daerah Operasi IX, Jember.

Sebayang, Erin & Iskandar, Rudi. 2008. **Perencanaan Stabilitas Lereng dengan Sheet Pile dan Perkuatan Geogrid Menggunakan Metode Elemen Hingga**. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.

### LAMPIRAN 1 *Daftar Lokasi dan Peta Daerah Rawan*

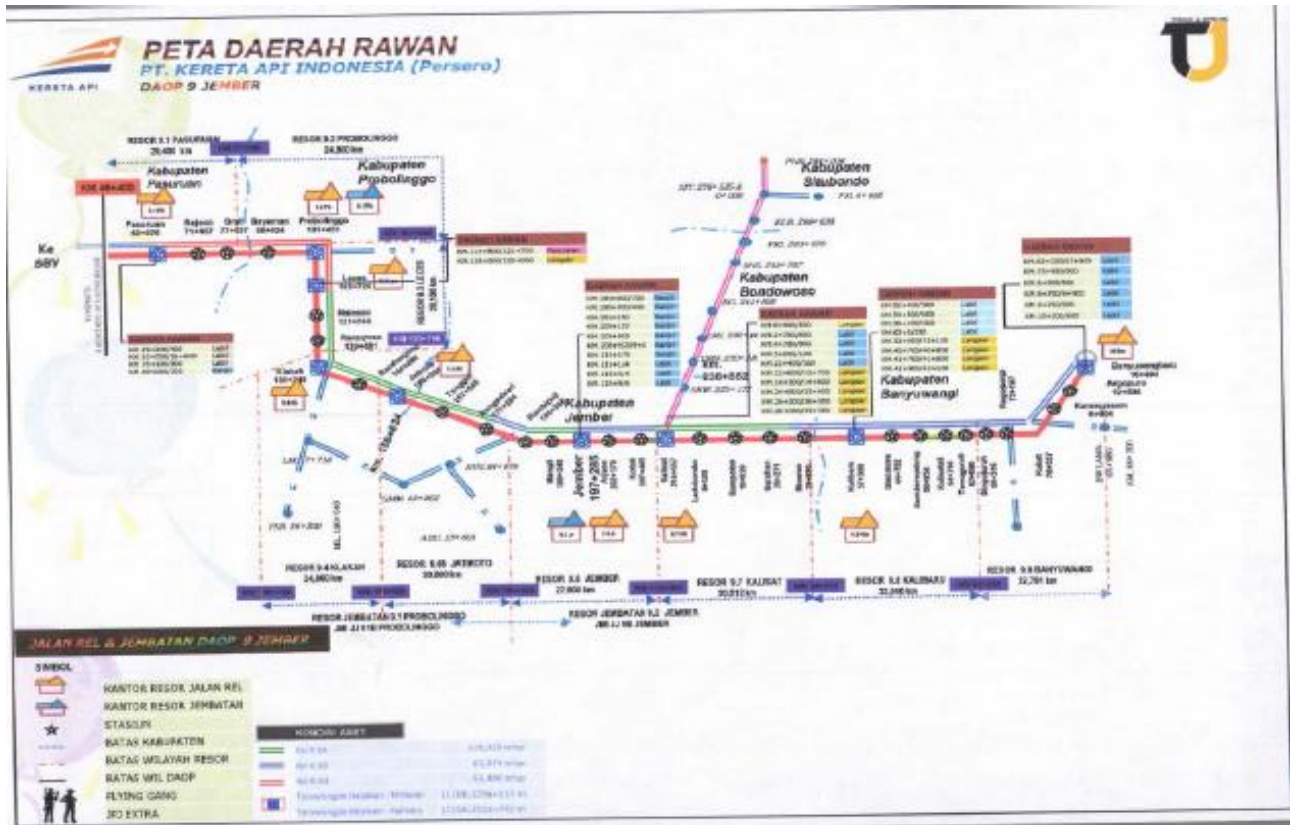
*Lampiran 1 Daftar lokasi daerah rawan runtuh pada lintas Bangil – Banyuwangi (PT. KAI DAOP IX Jember)*

NO.	LOKASI	URAIAN LOKASI	PANJANG (meter)
	KM 48+400	Batas Daop 9 Jember	
1	KM 49+200 - 49+400	Labil	200
2	KM 55+000 - 56+600	Labil	1,600
3	KM 58+000 - 58+200	Banjir	200
4	KM 58+400 - 58+500	Banjir	200
5	KM 58+700 - 58+800	Banjir	100
S1	KM 62+976	STA. Pasuruan (PS)	
6	KM 65+900 - 66+000	Banjir	200
S2	KM 71+857	STA. Rejoso (RO)	
7	KM 76+100 - 76+800	Labil	700
S3	KM 77+537	STA. Grati (GI)	
8	KM 83+800 - 83+900	Labil	200
9	KM 87+100 - 87+200	Banjir	200
10	KM 87+300 - 87+600	Labil	200
S4	KM 89+924	STA. Bayeman (BYM)	
S5	KM 101+451	STA. Probolinggo (PB)	
S6	KM 103+481	STA. Lececs (LEC)	
S7	KM 121+740	STA. Malasan (MLS)	
11	KM 128+000 - 129+000	Longsor	1,000
S8	KM 130+481	STA. Ranuyoso (RN)	
S9	KM 146+890	STA. Randuagung (RDA)	
S10	KM 156+000	STA. Jatiroto (JTR)	
S11	KM 167+050	STA. Tanggul (TGL)	
S12	KM 177+584	STA. Bangsalsari (BBS)	
S13	KM 186+588	STA. Rambipuji (RBP)	
S14	KM 190+548	STA. Mangli (MI)	
12	KM 193+600 - 193+700	Banjir	100
S15	KM 197+285	STA. Jember (JR)	
13	KM 200+300 - 200+400	Banjir	100
14	KM 201+350	Banjir	-
S16	KM 203+170	STA. Arjasa (AJ)	
15	KM 205+157	Banjir	-
16	KM 205+505	Banjir	-
S17	KM 207+405	STA. Kotok (KTK)	

NO.	LOKASI	URAIAN LOKASI	PANJANG (meter)
S17	KM 207+405	STA. Kotok (KTK)	
17	KM 208+900 - 209+000	Banjir	100
18	KM 211+100 - 211+400	Labil	300
19	KM 213+279	Banjir	-
20	KM 213+300 - 213+400	Labil	100
21	KM 213+500 - 213+600	Labil	100
S18	KM 214+462	STA. Kalisat (KLT)	
22	KM 2+700 - KM 2+800	Labil	100
23	KM 4+700 - KM 4+800	Labil	100
24	KM 5+000 - KM 5+100	Labil	100
S19	KM 8+320	STA. Ledokombo (LDO)	
25	KM 8+400 - KM 8+500	Longsor	100
26	KM 12+600 - KM 12+700	Longsor	100
27	KM 14+300 - KM 14+800	Longsor	500
S20	KM 16+020	STA. Sempolan (SPL)	
S21	KM 20+271	STA. Garahan (GRN)	
28	KM 22+400 - KM 22+500	Labil	100
29	KM 24+800 - KM 25+400	Longsor	600
30	KM 26+200 - KM 26+500	Longsor	300
31	KM 28+000 - KM 29+500	Longsor	1,500
S22	KM 29+980	STA. Mrawan (MRW)	
32	KM 32+000 - KM 32+100	Longsor	100
33	KM 32+400 - KM 32+500	Labil	100
34	KM 33+500 - KM 33+600	Labil	100
35	KM 36+100 - KM 36+200	Labil	100
S23	KM 37+390	STA. Kalibaru (KBR)	
36	KM 40+700 - KM 40+800	Longsor	100
37	KM 41+700 - KM 41+800	Longsor	100
38	KM 41+900 - KM 42+100	Longsor	200
S24	KM 44+752	STA. Glenmore (GLM)	
S25	KM 50+954	STA. Sumberwadung (SWD)	
S26	KM 54+766	STA. Kalisetail (KSL)	
S27	KM 62+090	STA. Temuguruh (TGR)	

NO.	LOKASI	URAIAN LOKASI	PANJANG (meter)
S27	KM 62+090	STA. Temuguruh (TGR)	
39	KM 62+000 - KM 62+250	Labil	250
40	KM 62+250 - KM 63+000	Labil	750
S28	KM 66+316	STA. Singojuruh (SGJ)	
S29	KM 72+197	STA. Rogojampi (RGP)	
41	KM 75+900 - KM 76+000	Labil	100
S30	KM 6+855	STA. Karangasem (KNE)	
42	KM 8+300 - KM 8+600	Labil	300
43	KM 8+700 - KM 9+300	Labil	600
44	KM 9+700 - KM 9+900	Labil	200
45	KM 10+200 - KM 10+600	Labil	400
S31	KM 12+630	STA. Argopuro (AGO)	
S32	KM 18+484	STA. Banyuwangibaru (BWB)	

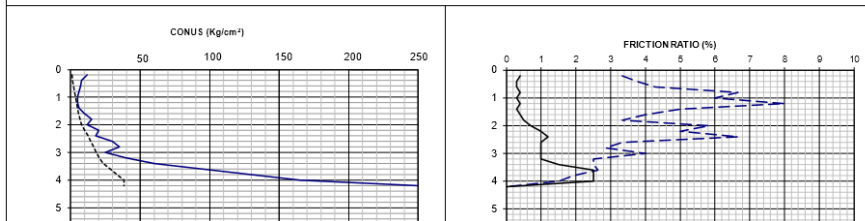
Lampiran 2 Peta daerah rawan Daerah Operasional IX Jember, Jawa Timur



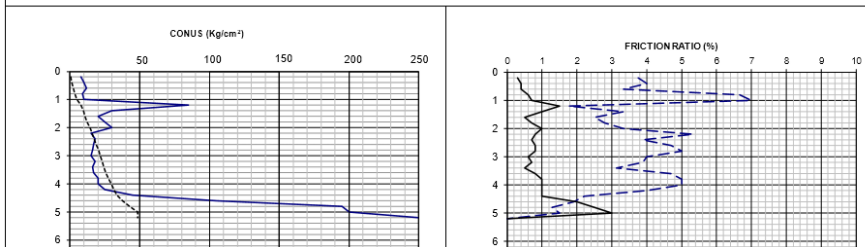
## LAMPIRAN 2 *Data Tanah*

### Lampiran 3 Data sondir KM. 12+610, 12+650, 12+690

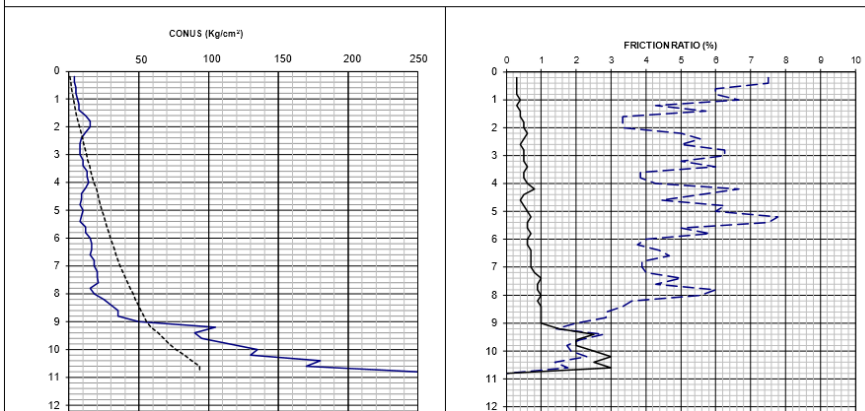
POINT : S-19 KM 12 + 690 KIRI SEMPOLAN MASTER SONDIR : JUNAIDI MARYONO CS  
 LOCATION : STUDY JALUR EKSISITING RAILWAY BANYUWANGI - BANGILDATE :



POINT : S-20 KM 12 + 650 KANAN SEMPOLAN MASTER SONDIR : JUMARI CS  
 LOCATION : STUDY JALUR EKSISITING RAILWAY BANYUWANGI - BANGILDATE :



POINT : S-21 KM 12 + 610 KANAN SEMPOLAN MASTER SONDIR : JUNAIDI MARYONO CS  
 LOCATION : STUDY JALUR EKSISITING RAILWAY BANYUWANGI - BANGILDATE :







**SOIL INVESTIGATION - DCPT**  
**STUDY JALUR EKSISTING RAILWAY BANYUWANGI - BANGIL**  
**PROPINSI JAWA TIMUR**

TITIK : 8-21 KM. 12 + 810 KANAN SEMPOLAN

Coordinates of GPS (UTM) X = 0819578  
 Y = 9096252

Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )				CL (kg/cm)	Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )				CL (kg/cm)	Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )				CL (kg/cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1)	(2)	(3)	(3)-(2)	(4)x2	komulatif	(1)	(2)	(3)	(3)-(2)	(4)x2	komulatif	(1)	(2)	(3)	(2)-(1)	(4)x2	komulatif
0.00						10.20	130	160	30	60	826	20.40					
0.20	4	7	3	6	6	10.40	180	205	25	50	875	20.60					
0.40	4	7	3	6	12	10.60	170	200	30	60	936	20.80					
0.60	5	8	3	6	18	10.80	250	250	0	0	936	21.00					
0.80	5	8	3	6	24	11.00						21.20					
1.00	6	10	4	8	32	11.20						21.40					
1.20	7	10	3	6	38	11.40						21.60					
1.40	7	11	4	8	46	11.60						21.80					
1.60	12	16	4	8	54	11.80						22.00					
1.80	15	20	5	10	64	12.00						22.20					
2.00	15	20	5	10	74	12.20						22.40					
2.20	12	18	6	12	86	12.40						22.60					
2.40	9	14	5	10	96	12.60						22.80					
2.60	8	12	4	8	104	12.80						23.00					
2.80	8	13	5	10	114	13.00						23.20					
3.00	8	13	5	10	124	13.20						23.40					
3.20	10	15	5	10	134	13.40						23.60					
3.40	10	16	6	12	146	13.60						23.80					
3.60	13	18	5	10	156	13.80						24.00					
3.80	13	18	5	10	166	14.00						24.20					
4.00	14	20	6	12	178	14.20						24.40					
4.20	12	20	8	16	194	14.40						24.60					
4.40	9	14	5	10	204	14.60						24.80					
4.60	9	13	4	8	212	14.80						25.00					
4.80	8	13	5	10	222	15.00						25.20					
5.00	10	16	6	12	234	15.20						25.40					
5.20	9	16	7	14	248	15.40						25.60					
5.40	8	14	6	12	260	15.60						25.80					
5.60	12	18	6	12	272	15.80						26.00					
5.80	12	19	7	14	286	16.00						26.20					
6.00	15	21	6	12	298	16.20						26.40					
6.20	16	22	6	12	310	16.40						26.60					
6.40	16	23	7	14	324	16.60						26.80					
6.60	15	22	7	14	338	16.80						27.00					
6.80	18	25	7	14	352	17.00						27.20					
7.00	18	25	7	14	366	17.20						27.40					
7.20	20	28	8	16	382	17.40						27.60					
7.40	20	30	10	20	402	17.60						27.80					
7.60	21	30	9	18	420	17.80						28.00					
7.80	15	24	9	18	438	18.00						28.20					
8.00	18	28	10	20	458	18.20						28.40					
8.20	25	34	9	18	476	18.40						28.60					
8.40	30	40	10	20	496	18.60						28.80					
8.60	35	45	10	20	516	18.80						29.00					
8.80	35	45	10	20	536	19.00						29.20					
9.00	50	60	10	20	556	19.20						29.40					
9.20	105	120	15	30	586	19.40						29.60					
9.40	90	115	25	30	636	19.60						29.80					
9.60	95	115	20	40	676	19.80						30.00					
9.80	115	135	20	40	716	20.00						30.20					
10.00	135	160	25	50	766	20.20						30.40					



*Lampiran 4 TITIK SONDIR S19 STA. 12 + 690 SEMPOLAN*

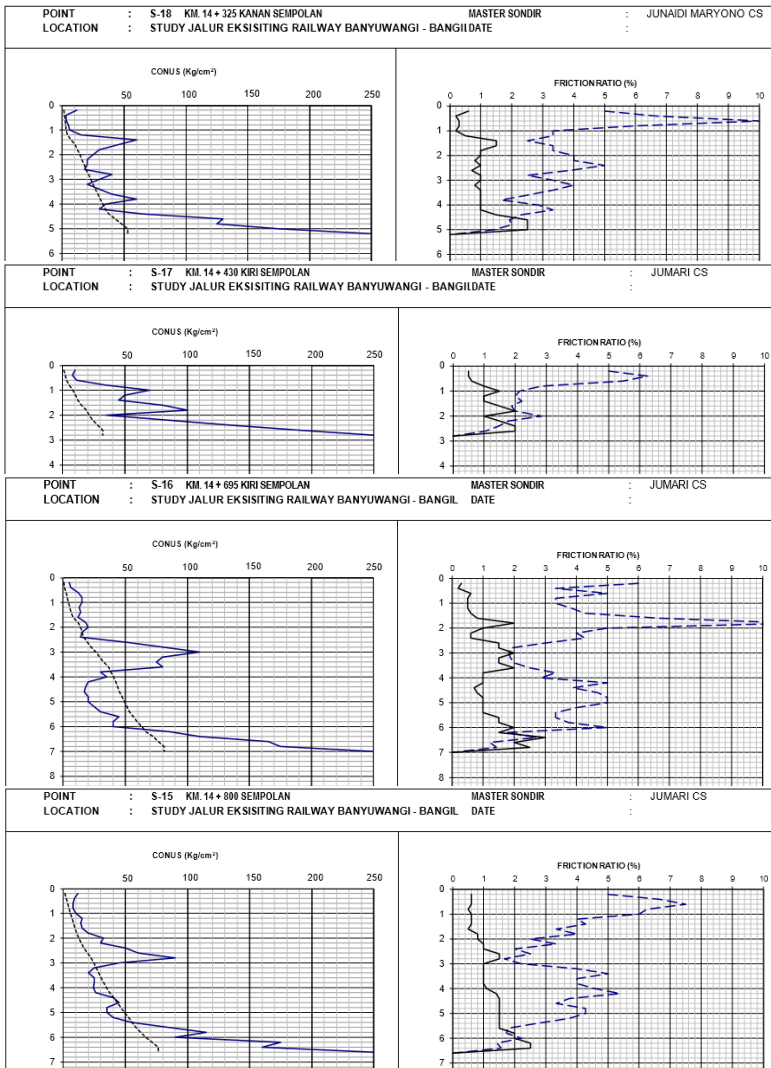


*Lampiran 5 TITIK SONDIR S20 STA. 12 + 650 SEMPOLAN*



*Lampiran 6 TITIK SONDIR S21 STA. 12 + 610 SEMPOLAN*

Lampiran 7 Data Sondir KM. 14+325, 14+430, 14+695, dan 14+800





**SOIL INVESTIGATION - DCPT  
STUDY JALUR EKSISITING RAILWAY BANYUWANGI - BANGIL  
PROPINSI JAWA TIMUR**

TITIK : S-17 KM. 14 + 430 KIRI SEMPOLAN Coordinates of GPS (UTM) X = 608194689  
Y = 9094671

Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )	(3)	(4)	(5)	CL (kg/cm)	Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )	(3)	(4)	(5)	CL (kg/cm)	Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )	(3)	(4)	(5)	CL (kg/cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1)	(2)	(3)	(3)-(2)	(4)x2	kumulatif	(1)	(2)	(3)	(3)-(2)	(4)x2	kumulatif	(1)	(2)	(3)	(2)-(1)	(4)x2	kumulatif
0.00						10.20						20.40					
0.20	10	16	5	10	10	10.40						20.60					
0.40	8	13	5	10	20	10.60						20.80					
0.60	11	17	6	12	32	10.80						21.00					
0.80	35	45	10	20	52	11.00						21.20					
1.00	70	85	15	30	82	11.20						21.40					
1.20	50	60	10	20	102	11.40						21.60					
1.40	45	55	10	20	122	11.60						21.80					
1.60	80	95	15	30	152	11.80						22.00					
1.80	100	120	20	40	192	12.00						22.20					
2.00	35	45	10	20	212	12.20						22.40					
2.20	85	100	15	30	242	12.40						22.60					
2.40	135	155	20	40	282	12.60						22.80					
2.60	190	210	20	40	322	12.80						23.00					
2.80	250	250	0	0	322	13.00						23.20					
3.00						13.20						23.40					

**SOIL INVESTIGATION - DCPT  
STUDY JALUR EKSISITING RAILWAY BANYUWANGI - BANGIL  
PROPINSI JAWA TIMUR**

TITIK : S-18 KM. 14 + 325 KANAN SEMPOLAN Coordinates of GPS (UTM) X = 60819584  
Y = 9094704

Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )	(3)	(4)	(5)	CL (kg/cm)	Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )	(3)	(4)	(5)	CL (kg/cm)	Depth (m)	CN (kg/cm <sup>2</sup> )	(3)	(4)	(5)	CL (kg/cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1)	(2)	(3)	(3)-(2)	(4)x2	kumulatif	(1)	(2)	(3)	(3)-(2)	(4)x2	kumulatif	(1)	(2)	(3)	(2)-(1)	(4)x2	kumulatif
0.00						10.20						20.40					
0.20	12	18	6	12	12	10.40						20.60					
0.40	3	5	2	4	16	10.60						20.80					
0.60	3	6	3	6	22	10.80						21.00					
0.80	5	8	3	6	28	11.00						21.20					
1.00	6	8	2	4	32	11.20						21.40					
1.20	15	20	5	10	42	11.40						21.60					
1.40	60	75	15	30	72	11.60						21.80					
1.60	45	60	15	30	102	11.80						22.00					
1.80	30	40	10	20	122	12.00						22.20					
2.00	25	35	10	20	142	12.20						22.40					
2.20	20	28	8	16	158	12.40						22.60					
2.40	20	30	10	20	178	12.60						22.80					
2.60	18	25	7	14	192	12.80						23.00					
2.80	40	50	10	20	212	13.00						23.20					
3.00	30	40	10	20	232	13.20						23.40					
3.20	20	28	8	16	248	13.40						23.60					
3.40	30	40	10	20	268	13.60						23.80					
3.60	40	50	10	20	288	13.80						24.00					
3.80	60	70	10	20	308	14.00						24.20					
4.00	35	45	10	20	328	14.20						24.40					
4.20	30	40	10	20	348	14.40						24.60					
4.40	85	80	15	30	378	14.60						24.80					
4.60	130	155	25	50	428	14.80						25.00					
4.80	125	150	25	50	478	15.00						25.20					
5.00	175	200	25	50	528	15.20						25.40					
5.20	250	250	0	0	528	15.40						25.60					
5.40						15.60						25.80					



*Lampiran 8 TITIK SONDIR S15 STA. 14 + 800 SEMPOLAN*



*Lampiran 9 TITIK SONDIR S16 STA. 14 + 695 SEMPOLAN*



*Lampiran 10 TITIK SONDIR S17 STA. 14 + 430 SEMPOLAN*



*Lampiran 11 TITIK SONDIR S18 STA. 14 + 325 SEMPOLAN*

## Lampiran 12 Data Bor KM. 32+045 Kalibaru

Bore No. B10 - B1  
 Project REL KA BANYUWANGI - JEMBER  
 Location KM. 32 + 045 KALIBARU

Coordnates of GPS (UTM) X = 0224461  
 Y = 9394377  
 Diameter of Bore : 73 mm  
 Diameter of Casing : 89 mm

## BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	SPT Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)				Physical Properties				Mechanical Properties						
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Water Content (%)	Dry Density ( $\gamma_d$ ) ( $\text{gr/cm}^3$ )	Specific Gravity $G_s$	Porosity $n$	Void Ratio $e$	Unconfined Test $q_u$ $\text{kg/cm}^2$	Direct Shear Test		Atterberg Test		
														$\sigma$ $\text{kg/cm}^2$	$\tau$	LL %	PL %	IP %		
0		0 20 40 60 80																		
1		18			2 + 3 + 3 = 6 1.00 - 1.50 m	0.31	10.00	57.90	31.78	58.79	1.022	2.643	0.608	1.554	0.32	0.36	12	77.22	34.18	43.04
2																				
3																				
4		13			1 + 1 + 2 = 3 4.00 - 4.50 m	33.37	39.09	26.34	0.00	76.49	0.858	2.702	0.674	2.067		0.24	22	NON PLASTIS		
5																				
6																				
7		14			4 + 6 + 8 = 14 7.00 - 7.50 m	28.68	40.81	30.51	0.00	80.15	0.717	2.693	0.683	2.158		0.26	20	NON PLASTIS		
8																				
9																				
10		21			7 + 9 + 12 = 21 10.00 - 10.50 m	24.03	13.46	34.85	27.65	64.87	0.934	2.662	0.633	1.727	0.31	0.32	15	75.46	54.29	39.17
11																				
12																				
13		20			6 + 9 + 11 = 20 13.00 - 13.50 m	0.97	19.09	45.14	34.80	72.87	0.874	2.643	0.658	1.926	0.28	0.35	13	76.68	35.24	41.44
14																				
15		15	Lanau Kelempungan dengan Pasir	Coklat	6 + 8 + 10 = 18 16.00 - 16.50 m	11.70	53.73	34.57	0.00	80.28	0.754	2.687	0.683	2.157		0.27	19	NON PLASTIS		
16																				
17																				
18		13			7 + 10 + 13 = 23 19.00 - 19.50 m	4.23	49.33	46.44	0.00	79.79	0.770	2.673	0.681	2.133		0.30	17	NON PLASTIS		
19																				
20																				
21		15			5 + 7 + 8 = 15 22.00 - 22.50 m	13.30	47.65	38.45	0.00	81.17	0.667	2.681	0.685	2.176		0.28	18	NON PLASTIS		
22																				
23																				
24		14			11 + 17 + 25 = 42 25.00 - 25.50 m	0.00	26.25	44.07	29.68	79.35	0.702	2.651	0.678	2.104		0.33	14	75.24	55.14	40.10
25																				
26																				
27		15			13 + 18 + 27 = 45 28.00 - 28.50 m	1.10	38.70	40.72	19.48	79.40	0.799	2.668	0.679	2.119		0.31	16	74.25	36.18	38.07
28																				
29																				
30		14			10 + 18 + 24 = 40 30.00 - 30.50 m															



Lampiran 13 Foto Titik Bor KM. 32+000 - 32+100



## Lampiran 14 Data Bor KM. 25+040 Garahan

Bore No. : B11 - B1  
 Project : REL KA BANYUWANGI - JEMBER  
 Location : KM. 25 + 040 TANAH MANIS GARAHAN

Coordinates of GPS (UTM) X = 0821838  
 Y = 9086562  
 Diameter of Bore : 73 mm  
 Diameter of Casing : 89 mm

## BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	SPT Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)				Physical Properties					Mechanical Properties						
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Water Content (%)	Dry Density ( $\gamma_d$ ) ( $\text{g/cm}^3$ )	Specific Gravity G <sub>s</sub>	Porosity n	Void Ratio e	Unconfined Test qu $\text{kg/cm}^2$	Direct Shear Test		Atterberg Test			
0		0 20 40 60 80																			
1		12			4 + 5 + 8 = 13 1.00 - 1.50 m	21.02	54.69	24.29	0.00	50.92	1.058	2.703	0.579	1.376							
2			Lanau Kelempungan dengan Pasir																		
3																					
4		16			3 + 4 + 6 = 10 4.00 - 4.50 m	23.76	33.77	42.47	0.00	56.08	0.539	2.673	0.600	1.459							
5			Batu Pasir																		
6																					
7		31			18 + 27 + 34 = 61 7.00 - 7.50 m	43.14	36.93	19.92	0.00	41.67	1.142	2.693	0.529	1.122							
8			Batu Pasir	Coklat																	
9																					
10		24			7 + 9 + 12 = 21 10.00 - 10.50 m	43.14	36.93	19.92	0.00	41.67	1.142	2.693	0.529	1.122							
11			Lanau Kelempungan dengan Pasir																		
12																					
13		22			7 + 10 + 13 = 23 13.00 - 13.50 m	17.17	51.46	31.37	0.00	63.12	0.923	2.687	0.629	1.696							
14			Batu Pasir																		
15																					
16		80			37 + 60 / 7 cm = 80 16.00 - 16.50 m	10.87	48.83	40.29	0.00	69.98	0.872	2.678	0.652	1.874							
17																					
18		20			6 + 9 + 11 = 20 19.00 - 19.50 m	10.87	48.83	40.29	0.00	69.98	0.872	2.678	0.652	1.874							
19																					
20		41			12 + 18 + 23 = 41 22.00 - 22.50 m	2.72	29.06	54.21	14.00	61.51	0.857	2.656	0.620	1.634	0.27	0.30	17	72.53	33.23	39.30	
21			Lanau Kelempungan dengan Pasir	Hitam																	
22																					
23		38			11 + 16 + 22 = 38 25.00 - 25.50 m	2.27	27.08	46.01	24.63	65.08	0.894	2.642	0.632	1.720	0.33	0.32	16	74.27	34.09	40.19	
24																					
25		37			8 + 17 + 20 = 37 28.00 - 28.50 m	7.24	13.39	42.58	36.78	73.90	0.847	2.638	0.661	1.950	0.26	0.34	14	76.65	35.30	41.35	
26																					
27		41			12 + 18 + 23 = 41 30.00 - 30.50 m																
28																					
29																					
30																					



Lampiran 15 Foto Titik Bor KM. 24+800 - 25+400

### LAMPIRAN 3 Spesifikasi Material Perkuatan

#### A. Brosur Turap CCSP (Corrugated Prestressed Concrete Sheet Piles)

SHEET PILES

*Innovation and Trust*

### PC SHEET PILES

**DESCRIPTION**

Type of Sheet Piles    CPC Sheet Piles : Corrugated Prestressed Concrete Sheet Piles  
                                   FPC Sheet Piles : Flat Prestressed Concrete Sheet Piles  
                                   FRC Sheet Piles : Flat Reinforced Concrete Sheet Piles

Method of Installation    Dynamic Pile Driving :  
                                   1. Vibro Hammer (corrugated type) + Water Jet (special requirement)  
                                   2. Diesel Hammer (flat type)

**DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE**

Design	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 SNI 03-2847 - 2002	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 WB - PRD - PS - 16	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Production Manufacturing Procedure

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | CORRUGATED PRESTRESSED CONCRETE SHEET PILES

**W-325**

**W-350**

**W-400**

**W-450**

**W-500**

**W-600**

CPC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 62 \text{ MPa}$  (Cube 700 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m)	Length* (m)
W-325	996	1,315	134,264	329	A	11.40	8 - 15
W-350	996	1,468	169,432	368	B	13.30	8 - 16
W-400	996	1,598	248,691	400	A	15.60	9 - 17
					B	17.00	10 - 18
W-450	996	1,835	353,363	459	A	20.10	10 - 18
					B	23.40	11 - 20
W-500	996	1,818	462,373	455	A	26.90	11 - 20
					B	30.70	12 - 21
W-600	996	2,078	765,907	520	A	35.20	12 - 22
					B	40.40	13 - 24
					A	50.60	14 - 25
					B	59.60	15 - 27

**B. Brosur Turap / Dinding Perkuatan Existing FRC (Flat Concrete Sheet Piles)**

**PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | FLAT CONCRETE SHEET PILES**

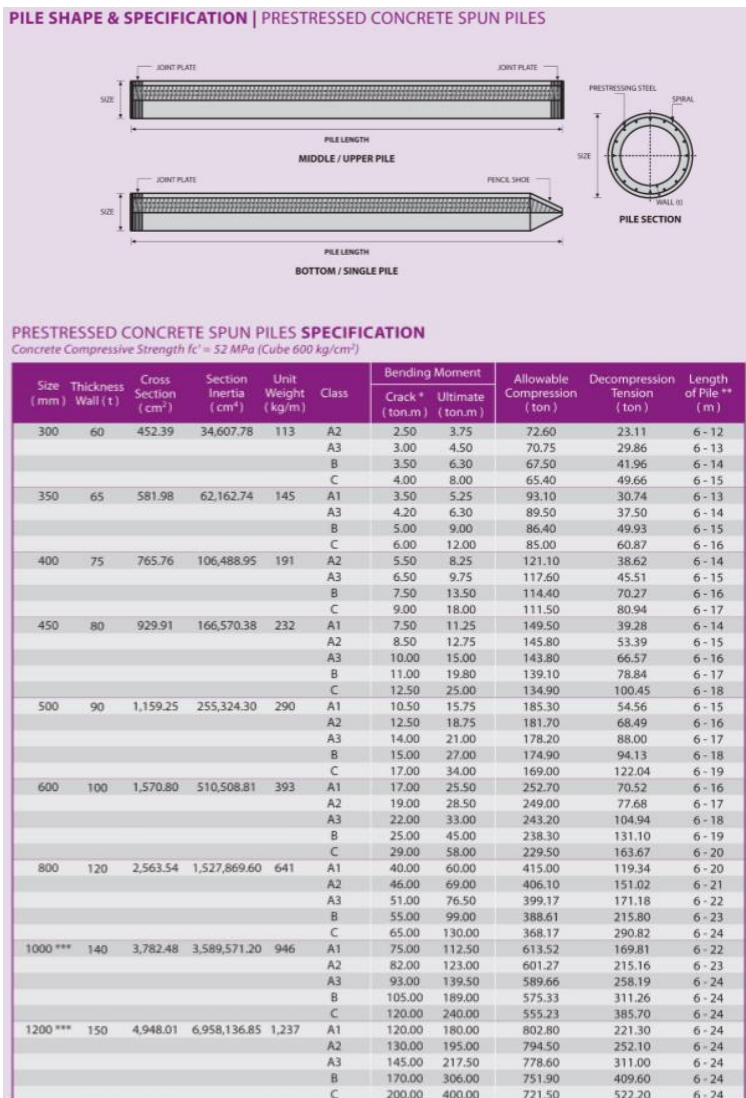
**FRC SHEET PILES SPECIFICATION**

Concrete Compressive Strength (Class A)  $f'_c = 28$  MPa (Cube 350 kg/cm<sup>2</sup>)  
 Concrete Compressive Strength (Class B)  $f'_c = 42$  MPa (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m)	Length* (m)
FRC-220	500	1,095	44,366	275	A	1.45	4 - 6
FRC-320	500	1,595	136,533	400	A	1.70	4 - 6
					B	3.22	4 - 8
					B	3.61	4 - 8

*Note : \* Length of Flat Reinforced Concrete Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position*

### C. Brosur Cerucuk *Spun Piles*



## D. Brosur Sika Grout

BUILDING TRUST



## PRODUCT DATA SHEET

# SikaGrout® 215 (new)

HIGH PRECISION, GENERAL PURPOSE, NON-SHRINK CEMENTITIOUS GROUT

### DESCRIPTION

A non-shrink, cementitious premixed grout with extended working time to suit local ambient temperatures. Flowable grout with high resistance to cement wash-out when placed under water.

### USES

For grouting over a wide range of applications:

- Anchor bolts
- Machine bedding/base plates
- Supporting bridge bearing pads
- Pre-cast concrete section
- Dry-pack applications

- Cavities, gaps and recesses
- For grouting method of concrete repair
- Marine structure

### CHARACTERISTICS / ADVANTAGES

- Easy to use, just add water
- Good flow characteristic
- Adjustable consistency
- Rapid strength development
- Shrinkage compensated
- High final strength
- Non-Corrosive
- Non-Toxic

### PRODUCT INFORMATION

Packaging	25 kg
Appearance / Colour	Powder / Grey
Shelf Life	9 months from the date production if stored in undamage and unopened original sealed bags
Storage Conditions	Stored in dry condition between 10 °C - 30 °C
Density	~2.26 kg/L

### TECHNICAL INFORMATION

Compressive Strength	1 day	~25.0 N/mm <sup>2</sup>	(ASTM C-109)
	3 days	~40.0 N/mm <sup>2</sup>	
	7 days	~52.0 N/mm <sup>2</sup>	
	28 days	~65.0 N/mm <sup>2</sup>	
Tensile Strength in Flexure	28 days	> 6.0 N/mm <sup>2</sup>	(ASTM C-348)
Expansion	at 27 °C	0.30 - 1.40 %	(ASTM C-940)

Product Data Sheet  
SikaGrout® 215 (new)  
September 2016, Version 02.01  
02.020101.001.00000128

<b>Tensile Adhesion Strength</b>	28 days	>1.5 N/mm <sup>2</sup> Concrete failure, over roughened concrete surface
	28 days	>2.5 N/mm <sup>2</sup> Over mechanically roughened old grout surface

## APPLICATION INFORMATION

<b>Mixing Ratio</b>	4.0 L per 25 kg bag (water per powder = 16 % by weight)	
<b>Consumption</b>	~1 920 kg/m <sup>3</sup> of mortar	
<b>Yield</b>	13.00 L per 25 kg bag	
<b>Layer Thickness</b>	Recommended thickness is 20 - 100 mm	
<b>Flowability</b>	Flowable (sec)	5 - 12 s (Mod J Cone)
<b>Product Temperature</b>	< 30 °C	
<b>Ambient Air Temperature</b>	10 °C - 35 °C	
<b>Substrate Temperature</b>	10 °C - 35 °C	
<b>Pot Life</b>	25 min	
<b>Setting Time</b>	4 - 8 h	

## APPLICATION INSTRUCTIONS

### SUBSTRATE QUALITY / PRE-TREATMENT

#### SURFACE PREPARATION

- Remove dirt, oil, grease, loose material and other bond-inhibiting materials.
- Anchor bolts to be grouted must be degreased with suitable solvent.
- Concrete must be sound and roughened to promote mechanical adhesion.
- Prior to pouring, surface must be wetted to saturated surface dry.

#### FORMING

For pourable grout, construct forms to retain grout without leakage. Forms should be lined or coated with bond-breaker for easy removal. Forms should be sufficiently high to accommodate head of grout. Where grout tight form is difficult to achieve, use SikaSet Accelerator as water plug (refer to PDS SikaSet Accelerator).

#### MIXING

Put measured quantity of water (depend on the required consistency) into a mixing vessel. Add slowly the total contents of SikaGrout® 215 (new) while mixing. Mix continuously for 3 minutes to achieve even consistency. Use a mechanically low speed drill (400 - 600 rpm) with mixing paddle or appropriately sized mortar mixer.

### APPLICATION

Within 25 minutes after mixing, place grout into forms from one side to avoid air entrapment. Do not vibrate. Use a suitable head box of 150-200 mm and maintain the grout head at all times to ensure a continuous flow. Gentle tapping or pulling loops of wire from one side may assist the flow of the mortar under difficult working conditions.

### CURING TREATMENT

Wet cure for a minimum 3 days with wet hessian, plastic sheet or apply a curing compound (Antisol)

### CLEANING OF TOOLS

Clean all tools and application equipment with water immediately after use. Hardened and / or cured material can only be removed mechanically.

### LIMITATIONS

- Minimum application thickness : 10 mm
- Recommended thickness of SikaGrout® 215 (new) in one pour is 20 mm to 100mm.
- If the thickness exceeds 100 mm, special procedure must be taken to anticipate temperature rise. Iced water, add coarse aggregate to the mix (max. 40% by powder weight), or both of them may be used to eliminate temperature rise.
- Variations in cement could cause shade differences in colour of the mortar.

## BASIS OF PRODUCT DATA

All technical data stated in this Product Data Sheet are based on laboratory tests. Actual measured data may vary due to circumstances beyond our control.

## LOCAL RESTRICTIONS

Please note that as a result of specific local regulations the declared data and recommended uses for this product may vary from country to country. Please consult the local Product Data Sheet for the exact product data and uses.

## ECOLOGY, HEALTH AND SAFETY

For information and advice on the safe handling, storage and disposal of chemical products, users shall refer to the most recent Safety Data Sheet (SDS) containing physical, ecological, toxicological and other safety-related data.

## LEGAL NOTES

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

PT. Sika Indonesia  
 Jl. Raya Cibinong-Bekasi km.20.  
 Cileungsi, Bogor 16820 - Indonesia  
 Tel. +62 21 8230025  
 Fax. +62 21 8230026  
 Website: [idn.sika.com](http://idn.sika.com)  
 email: [sikacare@id.sika.com](mailto:sikacare@id.sika.com)



SikaGrout215New\_en\_ID\_(09-2016)\_2\_1.pdf

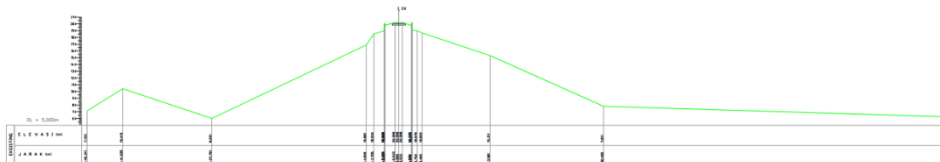
Product Data Sheet  
**SikaGrout® 215 (new)**  
 September 2016, Version 02.01  
 020201010010000128



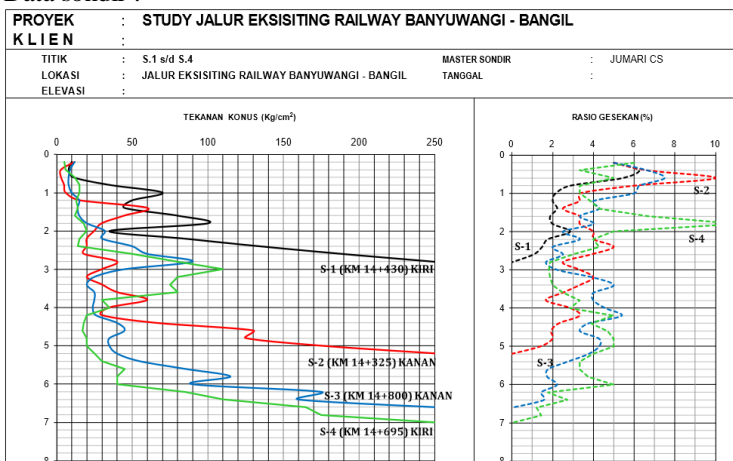


### LAMPIRAN 4 Perhitungan Manual Turap CCSP

KM. 14+800



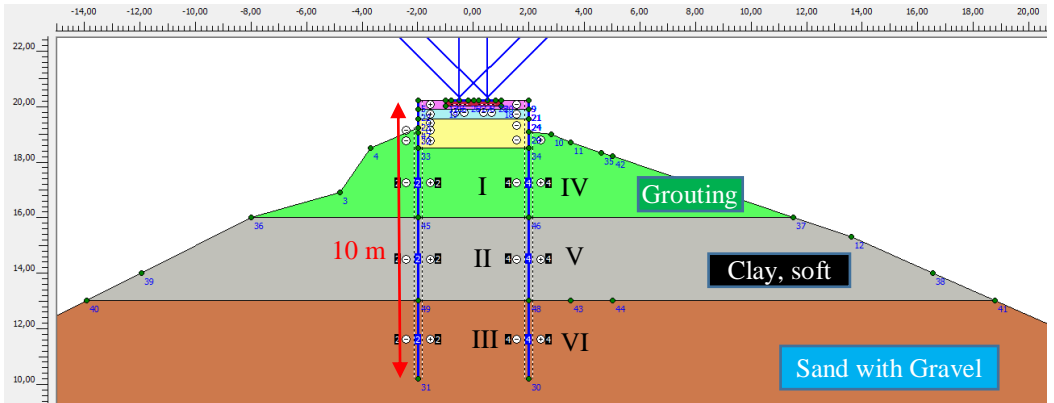
Data sondir :



Resume Data Tanah untuk input perhitungan :

Depth	qc	fs	N-SPT	Jenis Tanah	$\gamma_{sat}$	$\gamma_{dry}$	$\gamma'$	$\phi$	$\phi'$	cu	c'	v	E	Cc	Cs	LL	Cv	e	Gs
m	Kg/cm <sup>2</sup>	%			t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	(°)	(°)	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>		kN/m <sup>2</sup>			%	cm <sup>2</sup> /s		
0 s/d -6	20	4	4	Clay, soft	1.79	1.24	0.79	4	2.7	1.30	0.87	0.2	2000	0.45	0.09	63	$7.5 \cdot 10^{-4}$	1.15	3.70
-6 s/d ~	125	2	29	Sand with Gravel	1.88	1.4	0.88	38	25	0	0	0.2	15000	0.42	0.08	60	$9 \cdot 10^{-4}$	0.93	3.70

### Sketsa potongan melintang perkuatan turap CCSP :



#### Grouting :

$\gamma_{\text{sat}} = 1,75 \text{ t/m}^3$  ;  $\gamma_m = 1,65 \text{ t/m}^3$  ;  $c_u = 3 \text{ t/m}^2$  ;  $\phi = 20$

#### Clay, soft :

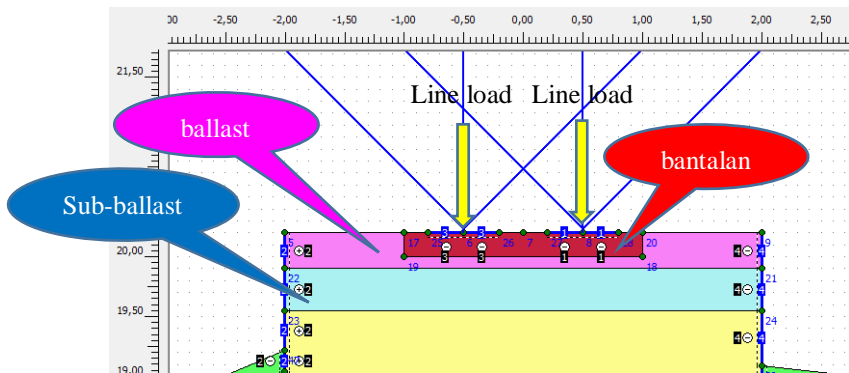
$\gamma_{\text{sat}} = 1,79 \text{ t/m}^3$  ;  $\gamma_m = 1,69 \text{ t/m}^3$  ;  $c_u = 1,3 \text{ t/m}^2$  ;  $\phi = 4$

#### Sand with Gravel :

$\gamma_{\text{sat}} = 1,88 \text{ t/m}^3$  ;  $\gamma_m = 1,78 \text{ t/m}^3$  ;  $c_u = 0 \text{ t/m}^2$  ;  $\phi = 38$

#### Pembebanan dibagi menjadi dua :

1. Beban akibat Timbunan (Ballast, Sub-Ballast, dan Bantalan)
2. Beban *line load* (2 rel kereta api)



- Beban akibat Timbunan (Ballast, Sub-ballast, dan Bantalan)

ballast 30 cm					u	c' (t/m <sup>2</sup> )	E (t/m <sup>2</sup> )
γ (t/m <sup>3</sup> )			Strength				
γ sat	γ t	γ dry	φ (°)	Cu (t/m <sup>2</sup> )			
2.64	2.59	2.55	40.00	0 (untuk c)	0.20	0.00	16500

sub-ballast 35 cm					u	c' (t/m <sup>2</sup> )	E (t/m <sup>2</sup> )
γ (t/m <sup>3</sup> )			Strength				
γ sat	γ t	γ dry	φ (°)	Cu (t/m <sup>2</sup> )			
2.32	2.27	2.20	41.00	0 (untuk c)	0.20	0.00	14000

Bantalan 200 cm x 22 cm x 26 cm (anggap dalam 1 m ada 3 bantalan)  
 $\gamma_t = 2.40 \text{ t/m}^3$

$$q = (2.59 \times 0.3) + (2.27 \times 0.35) + (3 \times (2.40 \times 0.22 \times 0.26)) = 1.98 \text{ t/m}^2$$

1. Mencari Ka & Kp

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) \quad \text{K}_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

$$K_a 1 = \tan^2(45 - 20/2) = 0.49$$

$$K_a 2 = \tan^2(45 - 4/2) = 0.87$$

$$K_a 3 = \tan^2(45 - 38/2) = 0.24$$

$$K_p 1 = \tan^2(45 + 20/2) = 2.04$$

$$K_p 2 = \tan^2(45 + 4/2) = 1.15$$

$$K_p 3 = \tan^2(45 + 38/2) = 4.20$$

2. Mencari Tegangan Vertikal Aktif & Pasif ( $\sigma_v$ )

Aktif

$$\text{Lap-1 } \sigma_{v1} = q + \gamma \cdot h = 1.98 + 1.65 \times 0 = 1.98 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-1 } \sigma_{v2} = q + \gamma \cdot h = 1.98 + 1.65 \times 3 = 6.93 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-2 } \sigma_{v2} = 6.93 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-2 } \sigma_{v3} = q + \gamma \cdot h = 6.93 + 1.79 \times 3 = 12 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-3 } \sigma_{v3} = 12 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-3 } \sigma_{v4} = q + \gamma \cdot h = 12 + 1.78 \times d_o = 12 + 1.78d_o \text{ t/m}^2$$

Pasif

$$\text{Lap-1}\sigma_v1 = q + \gamma \cdot h = 0 + 1.65 \times 0 = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-1}\sigma_v2 = q + \gamma \cdot h = 0 + 1.65 \times 0 = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-2}\sigma_v2 = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-2}\sigma_v3 = q + \gamma \cdot h = 0 + 1.79 \times 3 = 5.37 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-3}\sigma_v3 = q + \gamma \cdot h = 5.37 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Lap-3}\sigma_v4 = q + \gamma \cdot h = 5.37 + 1.78 \times \mathbf{do} = 5.37 + 1.78\mathbf{do} \text{ t/m}^2$$

3. Mencari Tegangan Horizontal Aktif & Pasif ( $\sigma_h$ )

$$\sigma_{Ha} = \sigma'_v K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

$$\sigma_{Hp} = \sigma'_v K_p + 2c\sqrt{K_p}$$

Aktif

$$\begin{aligned} \text{Lap-1}\sigma_h1 &= \sigma_v1 K_{a1} - 2c\sqrt{K_{a1}} \\ &= 1.98 \times 0.49 - 2 \times 3 \times \sqrt{0.49} = -3.23 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lap-1}\sigma_h2 &= \sigma_v2 K_{a1} - 2c\sqrt{K_{a1}} \\ &= 6.93 \times 0.49 - 2 \times 3 \times \sqrt{0.49} = -0.80 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lap-2}\sigma_h2 &= \sigma_v2 K_{a2} - 2c\sqrt{K_{a2}} \\ &= 6.93 \times 0.87 - 2 \times 1.3 \times \sqrt{0.87} = 3.60 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lap-2}\sigma_h3 &= \sigma_v3 K_{a2} - 2c\sqrt{K_{a2}} \\ &= 12 \times 0.87 - 2 \times 1.3 \times \sqrt{0.87} = 8.01 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lap-3}\sigma_h3 &= \sigma_v3 K_{a3} - 2c\sqrt{K_{a3}} \\ &= 12 \times 0.24 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.24} = 2.86 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lap-3}\sigma_h4 &= \sigma_v4 K_{a3} - 2c\sqrt{K_{a3}} \\ &= 12 + 1.78\mathbf{do} \times 0.24 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.24} = 2.86 + 0.43\mathbf{do} \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Pasif

$$\begin{aligned} \text{Lap-1}\sigma_h1 &= \sigma_v1 K_{p1} + 2c\sqrt{K_{p1}} \\ &= 0 \times 2.04 + 2 \times 0 \times \sqrt{0} = 0 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

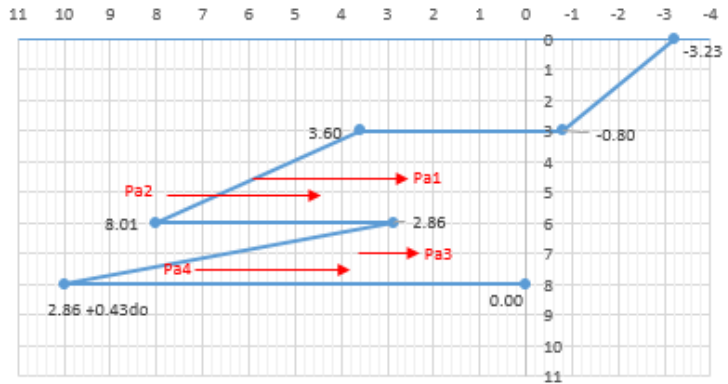
$$\begin{aligned} \text{Lap-1}\sigma_h2 &= \sigma_v2 K_{p1} + 2c\sqrt{K_{p1}} \\ &= 0 \times 2.04 + 2 \times 3 \times \sqrt{2.04} = 8.57 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lap-2}\sigma_h2 &= \sigma_v2 K_{p2} + 2c\sqrt{K_{p2}} \\ &= 0 \times 1.15 + 2 \times 1.3 \times \sqrt{1.15} = 2.79 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

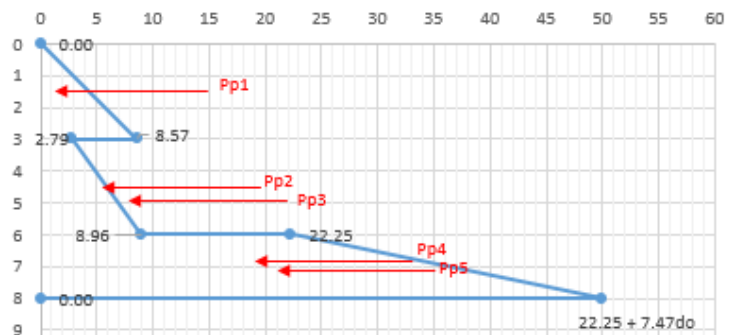
$$\begin{aligned} \text{Lap-2}\sigma h_3 &= \sigma v_3 Kp_2 - 2c \sqrt{Kp_2} \\ &= 5.37 \times 1.15 + 2 \times 1.3 \times \sqrt{1.15} = 8.96 \text{ t/m}^2 \\ \text{Lap-3}\sigma h_3 &= \sigma v_3 Kp_3 + 2c \sqrt{Kp_3} \\ &= 5.37 \times 4.20 + 2 \times 0 \times \sqrt{4.20} = 22.55 \text{ t/m}^2 \\ \text{Lap-3}\sigma h_4 &= \sigma v_4 Kp_3 + 2c \sqrt{Kp_3} \\ &= 5.37 + 1.78 d_0 \times 4.20 + 2 \times 0 \times \sqrt{4.20} = 22.55 + 7.47 d_0 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

4. Gaya Tegangan Horizontal Aktif & Pasif

Gaya Horizontal Aktif



Gaya Horizontal Pasif



## 5. Gaya Aktif &amp; Pasif

$$Pa1 = 3.6 \times 3 = 10.81 \text{ t}$$

$$Pa2 = (8.01 - 3.60) \times 3 \times 0.5 = 6.61 \text{ t}$$

$$Pa3 = 2.86 \times \text{do} = 2.86 \text{ do}$$

$$Pa4 = (2.86 + 0.43\text{do} - 2.86) \times \text{do} \times 0.5 = 0.215 \text{ do}^2$$

$$Pp1 = 8.57 \times 3 \times 0.5 = 12.855 \text{ t}$$

$$Pp2 = 2.79 \times 3 = 8.37 \text{ t}$$

$$Pp3 = (8.96 - 2.79) \times 3 \times 0.5 = 9.26 \text{ t}$$

$$Pp4 = 22.25 \times \text{do} = 22.25 \text{ do}$$

$$Pp5 = (22.25 + 7.47\text{do} - 22.25) \times \text{do} \times 0.5 = 3.735 \text{ do}^2$$

## 6. Momen

Aktif

$$Ma1 = 10.81 \times [(3/2) + \text{do}] = 16.215 + 1.5 \text{ do}$$

$$Ma2 = 6.61 \times [(3 \times 1/3) + \text{do}] = 6.61 + 6.61 \text{ do}$$

$$Ma3 = 2.86\text{do} \times 0.5 \text{ do} = 1.43 \text{ do}^2$$

$$Ma4 = 0.215\text{do}^2 \times (\text{do} \times 1/3) = 0.072 \text{ do}^3$$

$$\text{Momen aktif timbunan} = 0.072\text{do}^3 + 1.43\text{do}^2 + 8.11 \text{ do} + 22.825$$

Pasif

$$Mp1 = 12.855 \times [(3 \times 1/3) + 3] + \text{do}] = 51.42 + 12.855 \text{ do}$$

$$Mp2 = 8.37 \times [(3/2) + \text{do}] = 12.55 + 8.37 \text{ do}$$

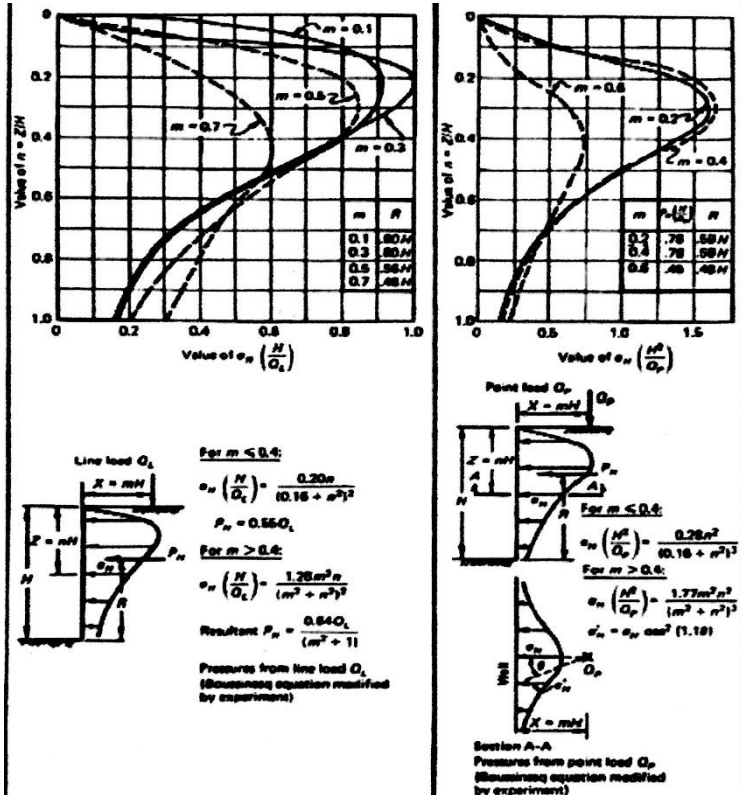
$$Mp3 = 9.26 \times [(3 \times 1/3) + \text{do}] = 9.26 + 9.26 \text{ do}$$

$$Mp4 = 22.25 \text{ do} \times 0.5 \text{ do} = 11.125 \text{ do}^2$$

$$Mp5 = 3.735 \text{ do}^2 \times (\text{do} \times 1/3) = 1.245 \text{ do}^3$$

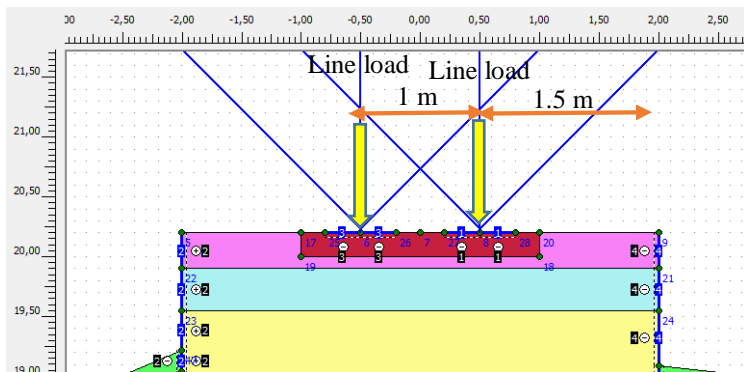
$$\text{Momen pasif timbunan} = 1.245\text{do}^3 + 11.125\text{do}^2 + 30.48\text{do} + 73.23$$

- Beban Line Load ( 2 Rel Kereta Api)

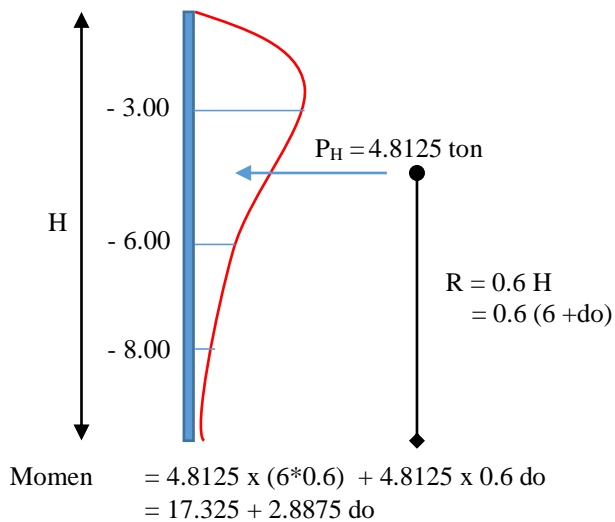


Tabel 1. Distribusi gaya pada diagram tekanan tanah horizontal akibat beban terpusat dan beban garis

Perhitungan gaya horizontal yang bekerja pada turap akibat beban Kereta Api di modelkan dengan beban garis (*line load*) sebesar 8.75 ton pada masing – masing rel.



- Persamaan Aktif Beban Rel 1 (jarak 1.5 m dari turap)  
 $m = X / H = 1.5 \text{ m} / 6 \text{ m} = 0.25 \leq 0.4$   
 maka,  $R = 0.6 H$   
 $P_H = 0.55 Q_L = 0.55 \times 8.75 = 4.8125 \text{ ton}$



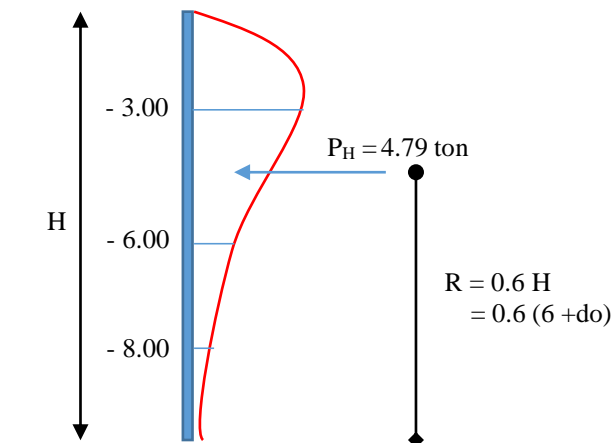


- Persamaan Aktif Beban Rel 2 (jarak 2.5 m dari turap)

$$m = X / H = 2.5 \text{ m} / 8 \text{ m} = 0.41 > 0.4$$

maka,  $R = 0.6 H$

$$P_H = \frac{0.64 Q_L}{(m^2 + 1)} = \frac{0.64 \times 8.75}{(0.41^2 + 1)} = 4.79 \text{ ton}$$



$$\begin{aligned} \text{Momen} &= 4.79 \times (6 \times 0.6) + 4.79 \times 0.6 \text{ do} \\ &= 17.244 + 2.874 \text{ do} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Momen 2 Rel} = 5.749 \text{ do} + 32.569$$

#### Total Momen Aktif :

$$\begin{aligned} \text{Timbunan} &= 0.072 \text{do}^3 + 1.43 \text{do}^2 + 8.11 \text{ do} + 22.825 \\ \text{Rel} &= 5.749 \text{ do} + 32.6 \\ \hline &= 0.072 \text{do}^3 + 1.43 \text{do}^2 + 13.859 \text{ do} + 55.425 \end{aligned}$$

$$\text{Momen Pasif (timbunan)} = 1.245 \text{ do}^3 + 11.125 \text{ do}^2 + 30.48 \text{ do} + 73.23$$

$$\text{Total} = \text{Pasif} - \text{Aktif} = 1.173 \text{do}^3 + 9.695 \text{do}^2 + 16.621 \text{do} + 17.805$$

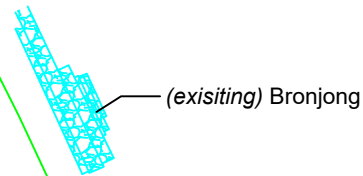
Didapatkan nilai  $do$  adalah  $0$  m. Sehingga panjang total turap adalah  $6$  m. Nilai ini kemudian dikalikan dengan angka keamanan, SF yaitu  $1.5$ . Sehingga panjang total turap adalah  $6 \times 1.5 = 9$  meter.

**LAMPIRAN 5** *Gambar Layout Eksisting dan Perencanaan*



Ke Arah  
Bangil

GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 12+600 - KM. 12+700



BM.127  
▲  
12+700

Ke Arah  
Banyuwangi

KETERANGAN

- ☒ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

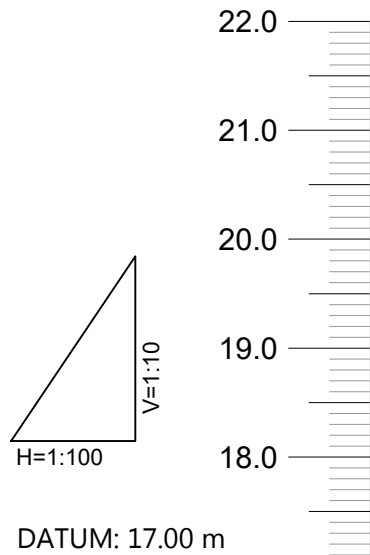
PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 12+600 - KM. 12+700

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	12	A4	1



EXISTING	KILOMETER POST	12+600	12+650	12+700
	KILOMETER SURVEY	0,000	50,000	82,278
	ELEVASI REL	19,336	19,988	20,646
	LURUS / LENGKUNG			

LONG SECTION  
KM. 12+600 - KM. 12+700

**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I	<u>Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA</u>
DOSEN PEMBIMBING - II	<u>Musta'in Arif, ST, MT</u>

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

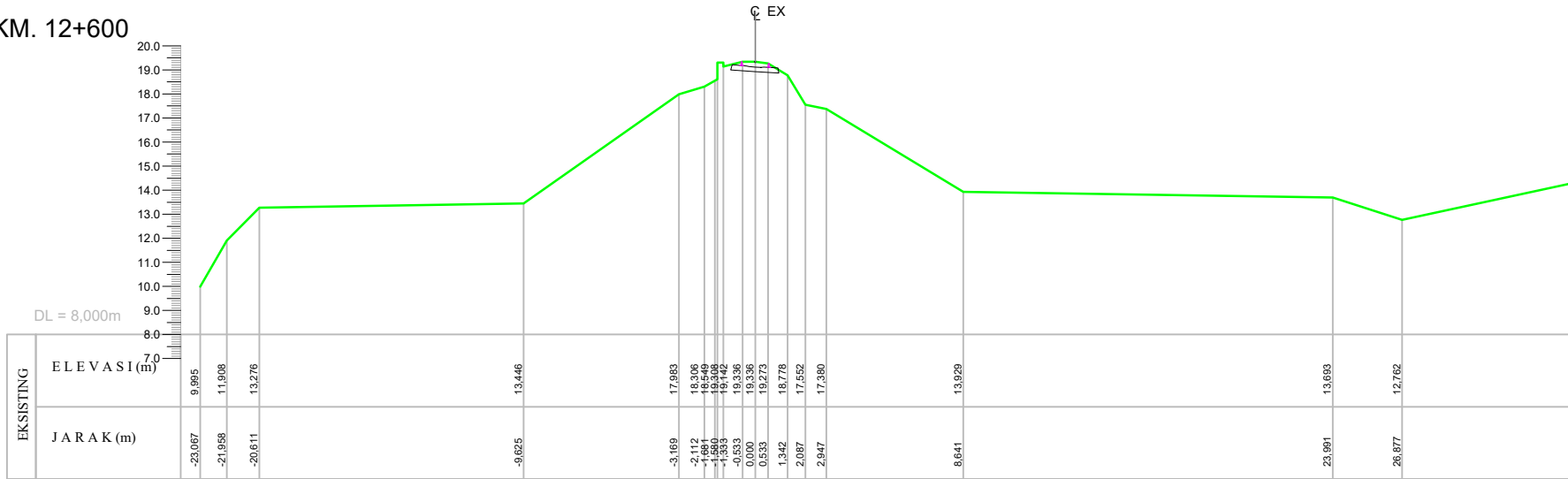
**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

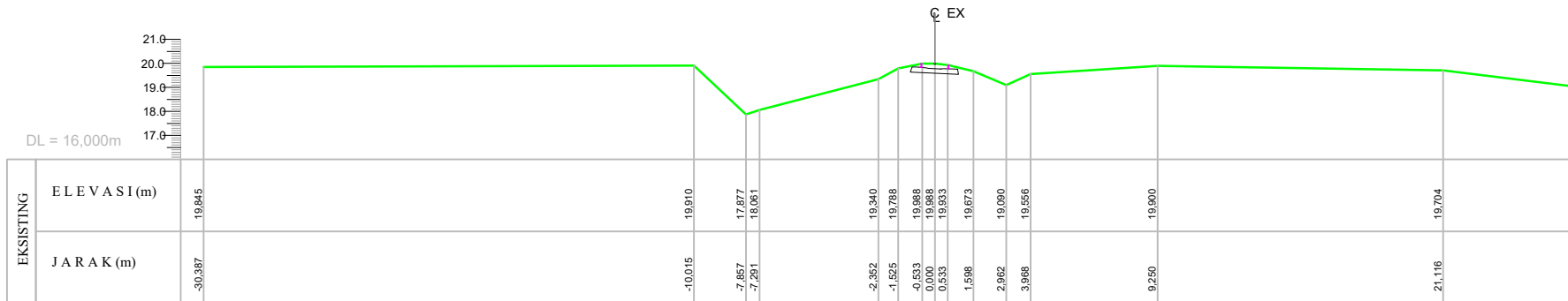
<b>GAMBAR</b>			
LONG SECTION KM. 12+600 - KM. 12+700			

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	12	A4	2

KM. 12+600



KM. 12+650



KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA

3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

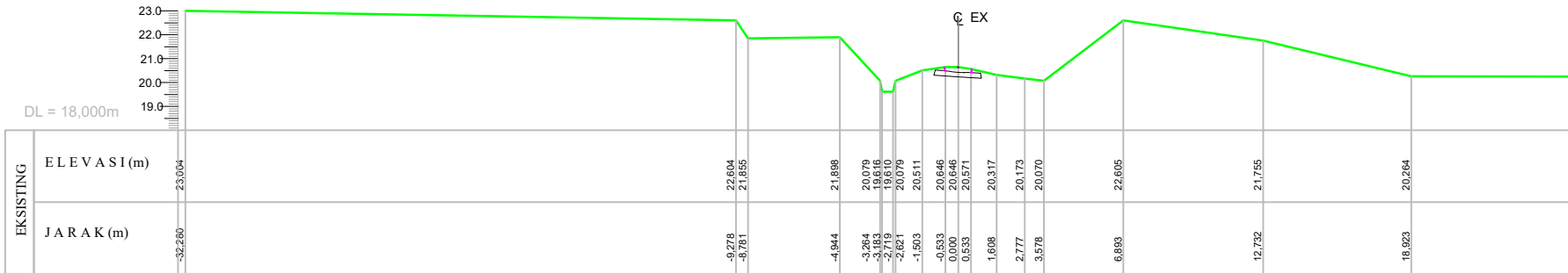
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION  
KM. 12+600 - KM. 12+650

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	12	A4	3

KM. 12+700



**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

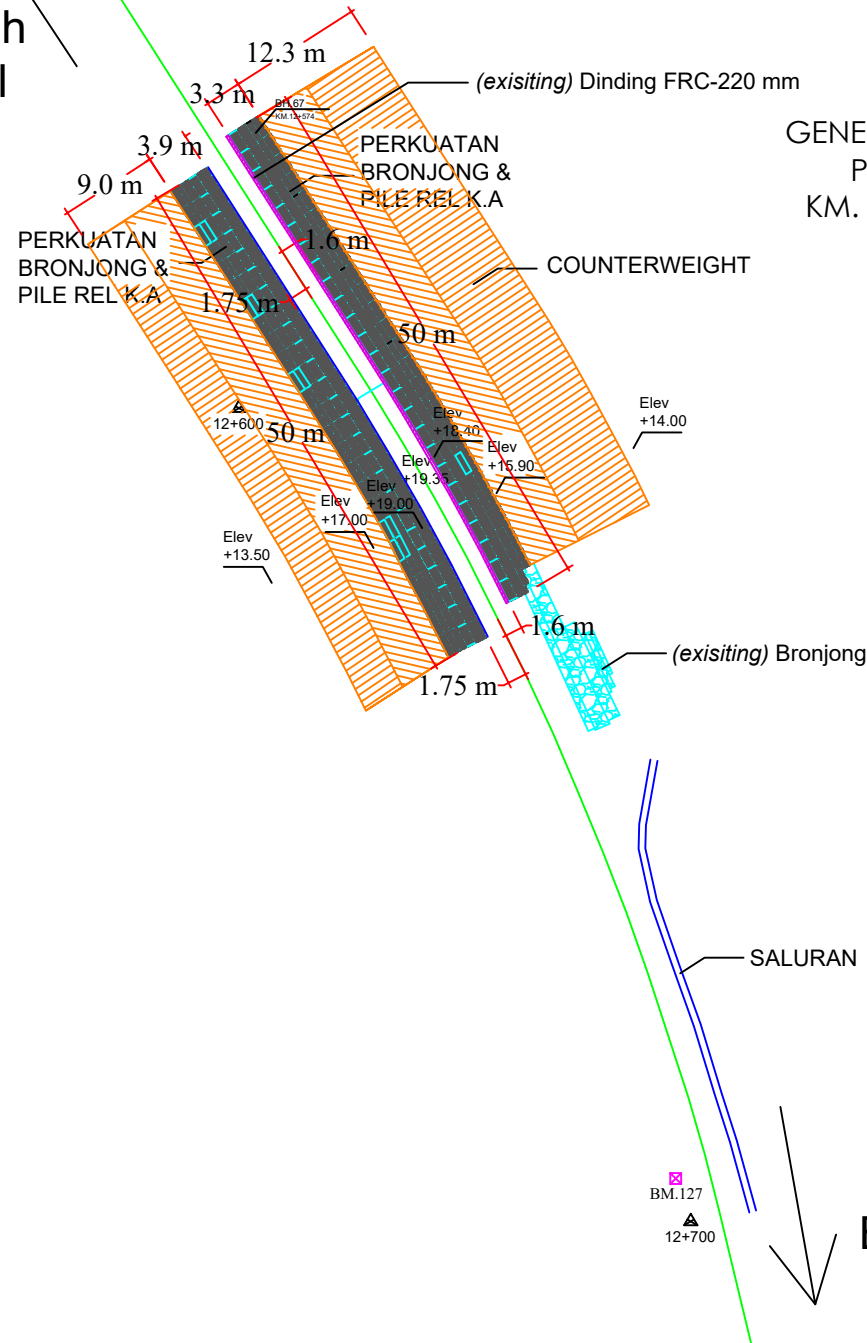
**TUGAS AKHIR 2017**

GAMBAR  
  
CROSS SECTION  
KM. 12+700

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	12	A4	4



Ke Arah  
Bangil



GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI-1  
KM. 12+600 - KM. 12+700

Ke Arah  
Banyuwangi

KETERANGAN

- ☒ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
DOSEN PEMBIMBING - II	Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

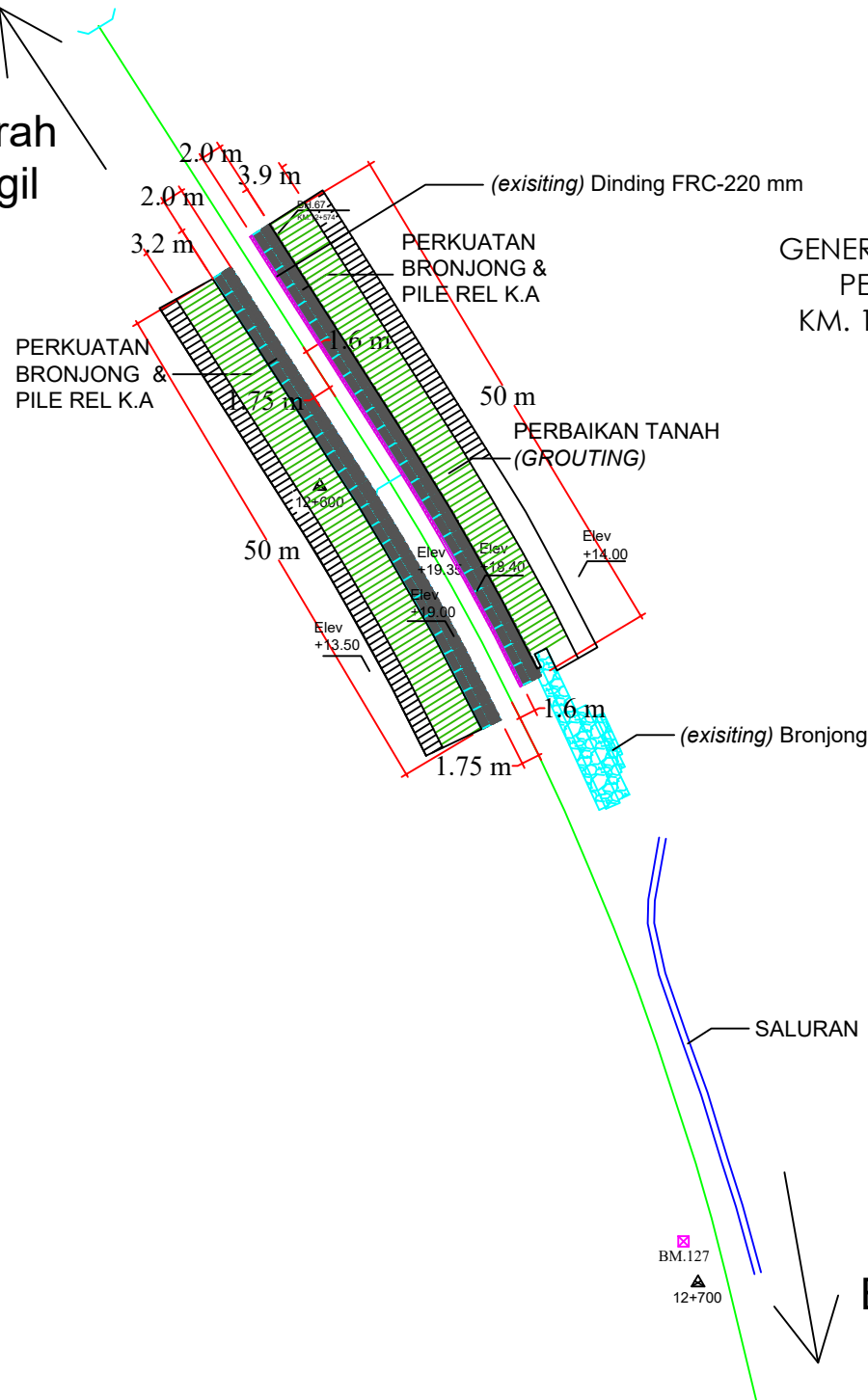
GAMBAR

GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI - 1  
KM. 12+600 - KM. 12+700

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	12	A4	5



Ke Arah  
Bangil



GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI-2  
KM. 12+600 - KM. 12+700

Ke Arah  
Banyuwangi

KETERANGAN

- ☒ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

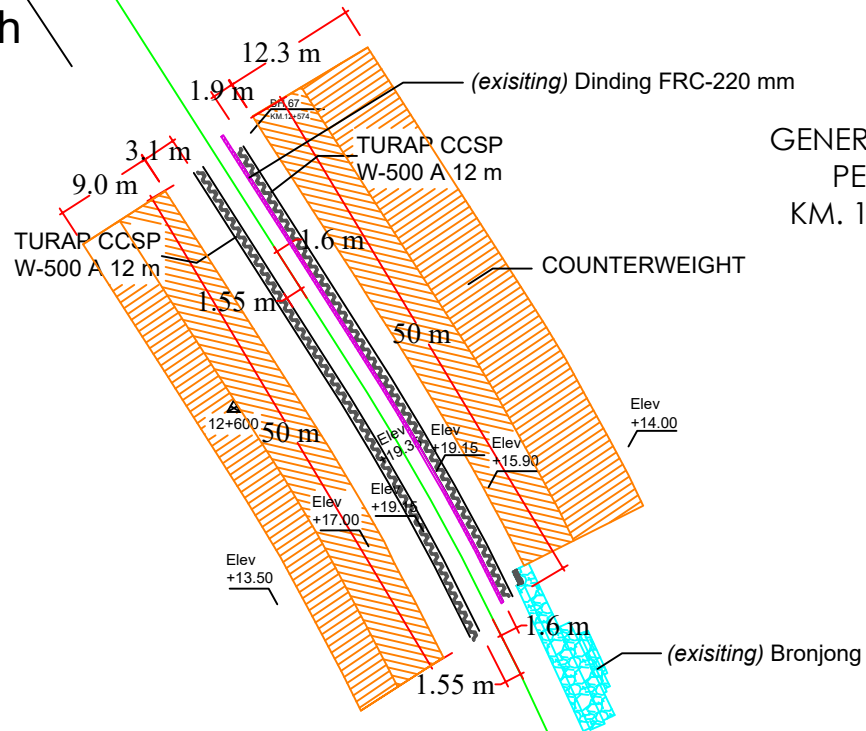
GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI - 2  
KM. 12+600 - KM. 12+700

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	12	A4	6





Ke Arah  
Bangil



GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI-3  
KM. 12+600 - KM. 12+700

BM.127  
12+700

Ke Arah  
Banyuwangi

KETERANGAN

- ☒ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

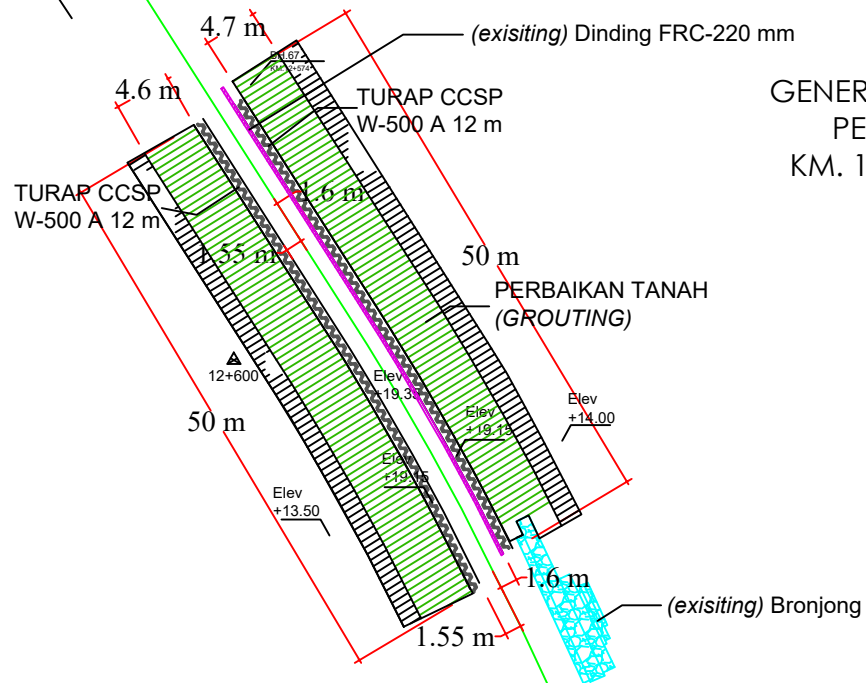
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR  
GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI - 3  
KM. 12+600 - KM. 12+700

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	12	A4	7



Ke Arah  
Bangil



GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI-4  
KM. 12+600 - KM. 12+700

BM.127  
12+700

Ke Arah  
Banyuwangi

KETERANGAN

- ⊠ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

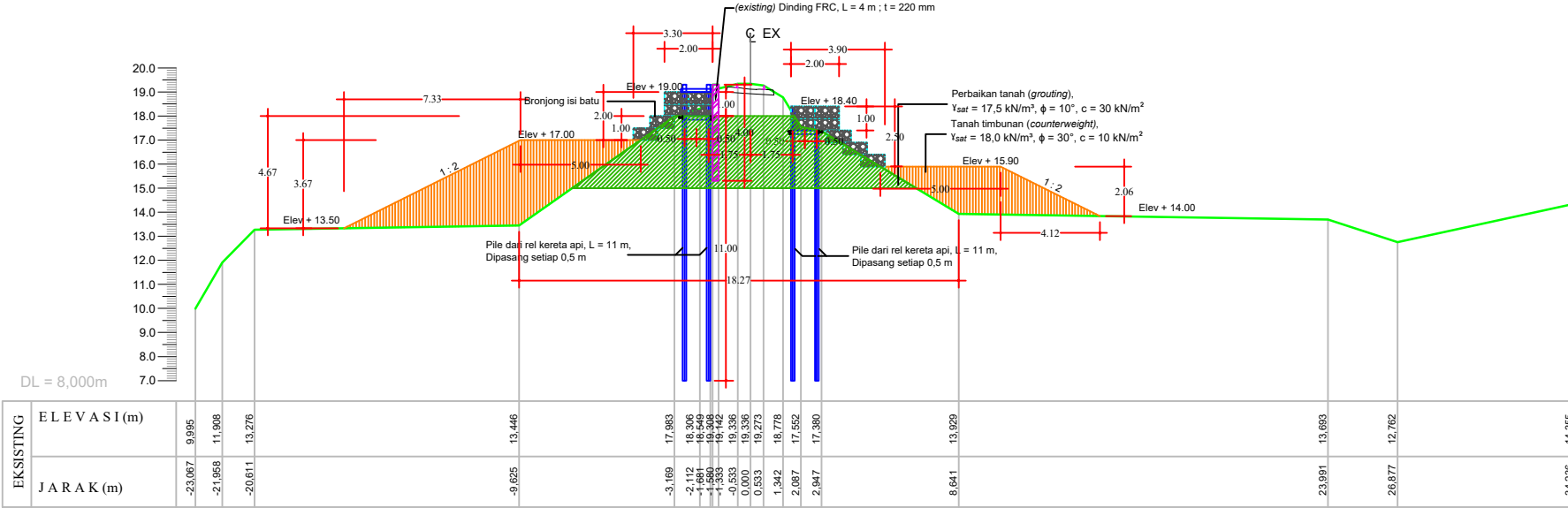
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

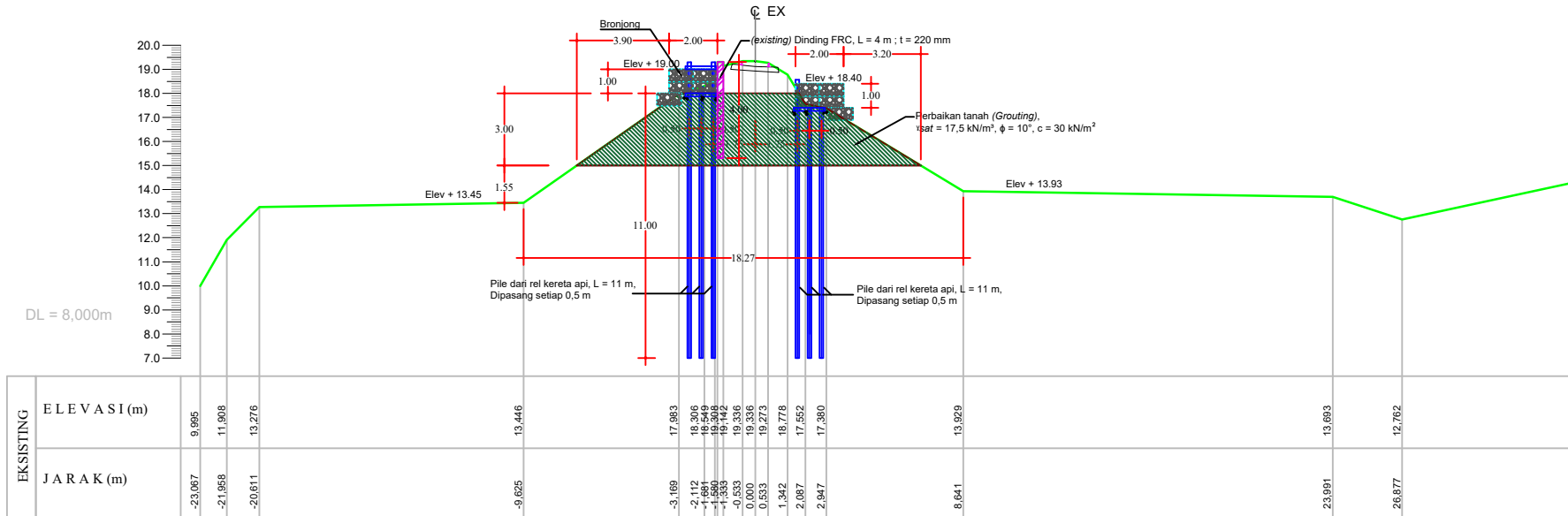
GENERAL LAY OUT SECTION  
PERKUATAN OPSI - 4  
KM. 12+600 - KM. 12+700

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	12	A4	8

# PERKUATAN KM. 12+600 (OPSI-1)



# PERKUATAN KM. 12+600 (OPSI-2)



## KETERANGAN

### REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

## JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I **Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA**

DOSEN PEMBIMBING - II **Musta'in Arif, ST, MT**

### NAMA & NRP MAHASISWA

**RIFIQ ERIAN SAHARA**  
3113100149

### JUDUL PEKERJAAN

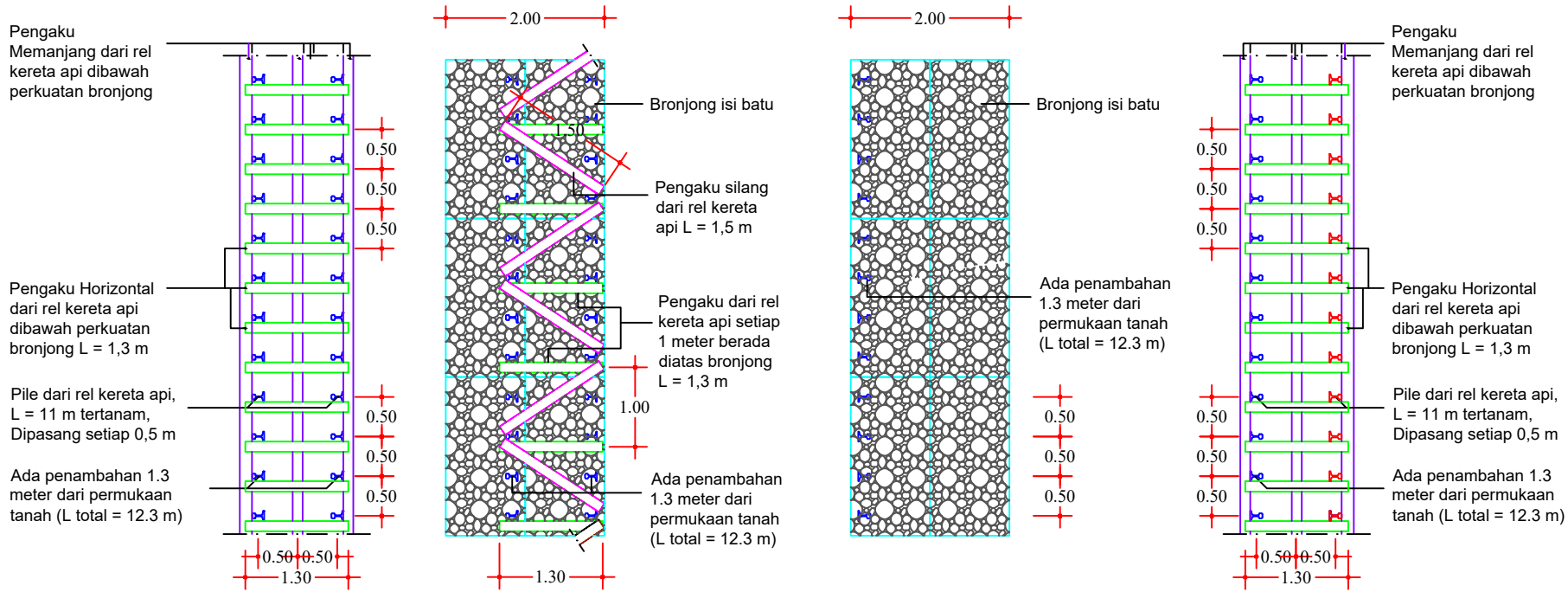
**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

### TUGAS AKHIR 2017

### GAMBAR

PERKUATAN CROSS SECTION  
KM. 12+600  
OPSI-1 & OPSI-2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	12	A4	9

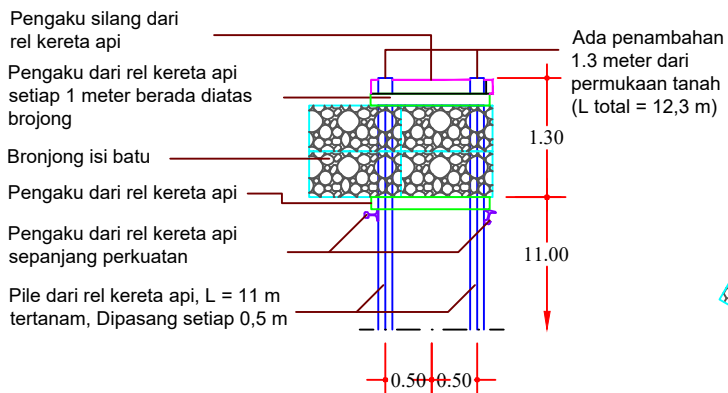


**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

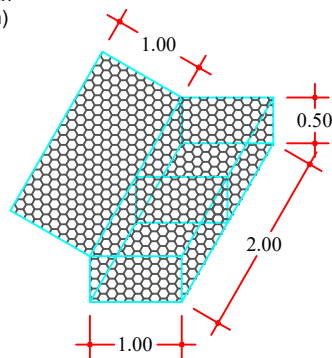
**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**

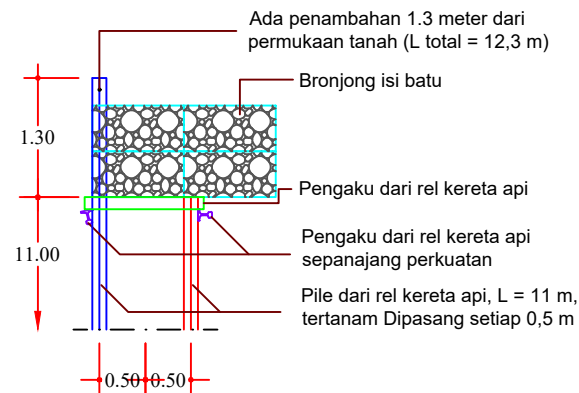


**TAMPAK SAMPING**

**PERKUATAN SISI KIRI**



**DIMENSI BRONJONG**



**TAMPAK SAMPING**

**PERKUATAN SISI KANAN**

**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I **Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA**

DOSEN PEMBIMBING - II **Musta'in Arif, ST, MT**

**NAMA & NRP MAHASISWA**

**RIFIQ ERIAN SAHARA**  
3113100149

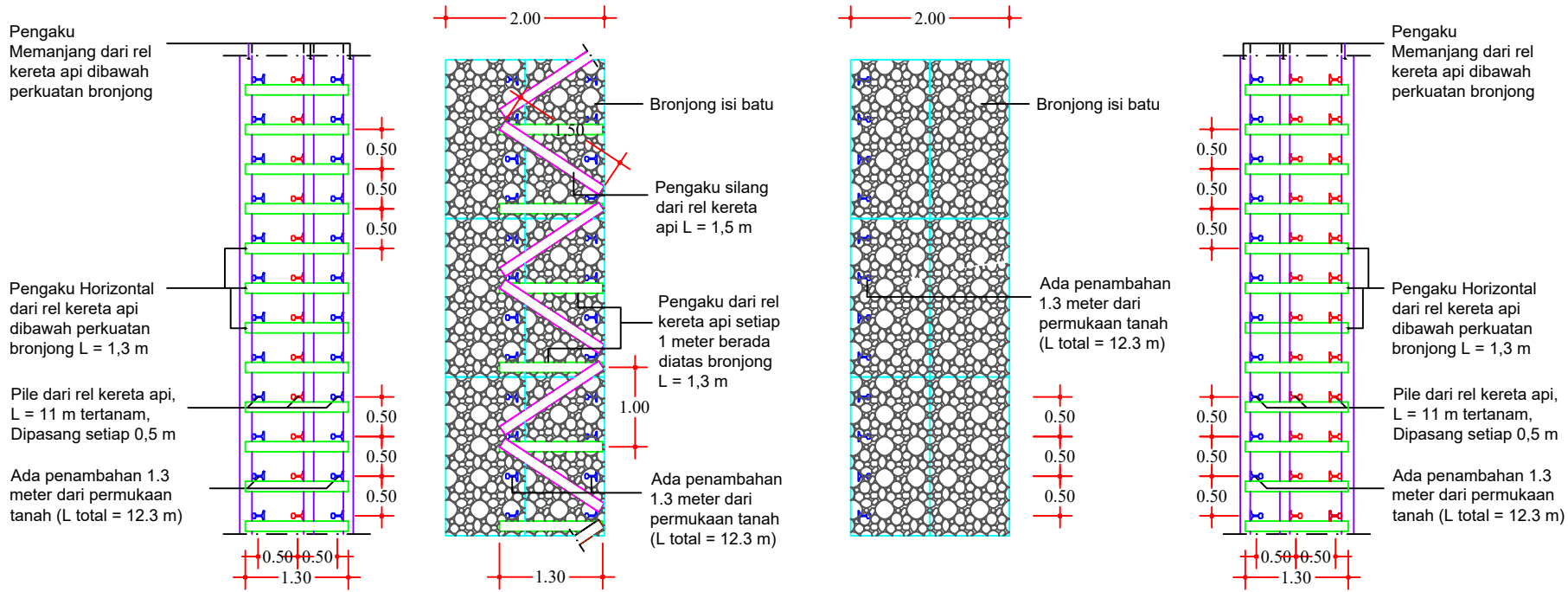
**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**  
DETAIL PERKUATAN KONTRUKSI PILE REL OPSI - 1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 25	12	A4	10

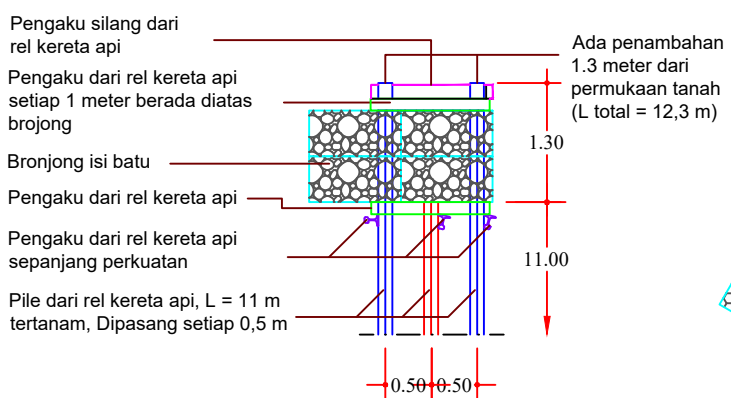


**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

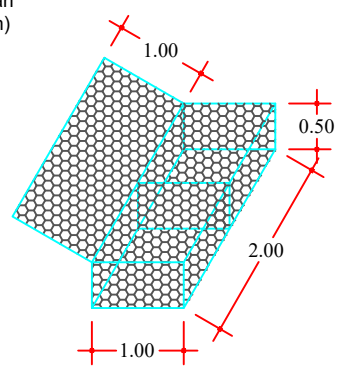
**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**

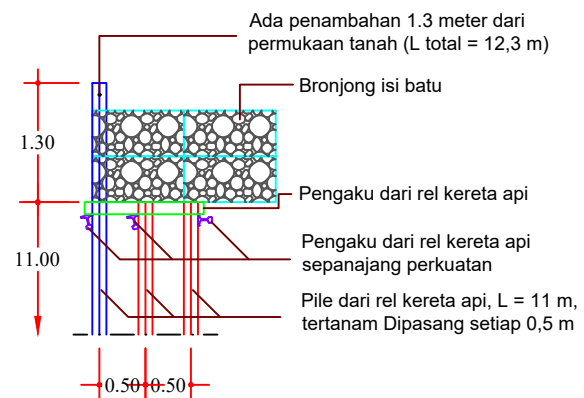


**TAMPAK SAMPING**

**PERKUATAN SISI KIRI**



**DIMENSI BRONJONG**



**TAMPAK SAMPING**

**PERKUATAN SISI KANAN**

**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I **Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA**

DOSEN PEMBIMBING - II **Musta'in Arif, ST, MT**

**NAMA & NRP MAHASISWA**

**RIFQI ERIAN SAHARA**  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

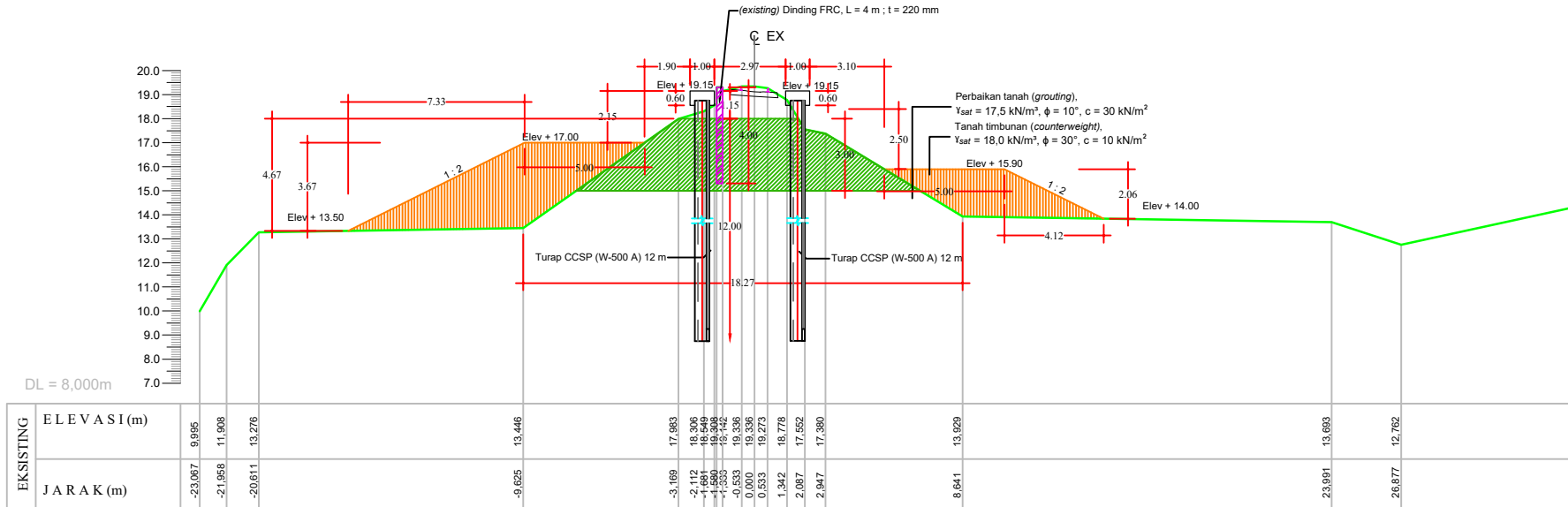
**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**

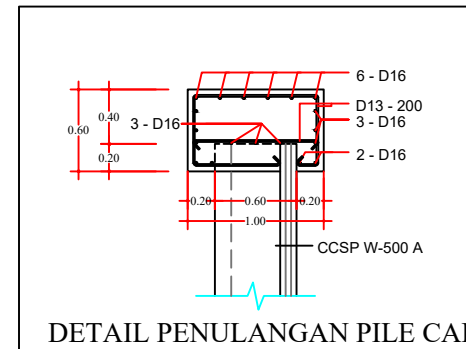
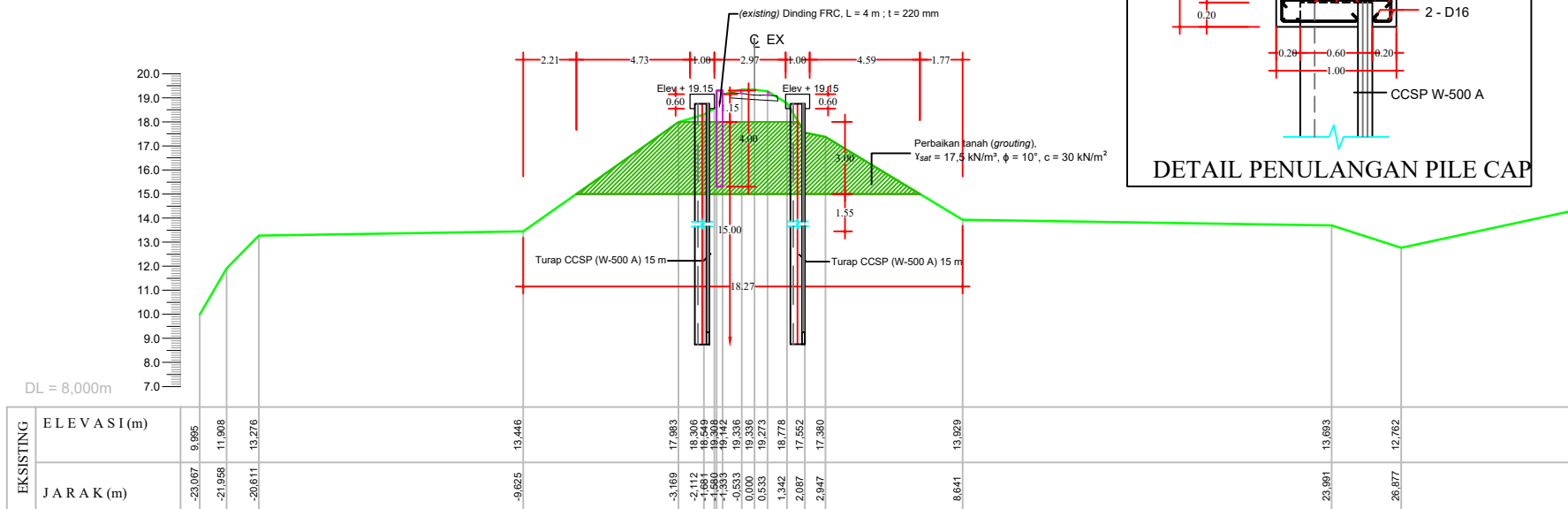
DETAIL PERKUATAN KONTRUKSI PILE REL OPSI - 2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 25	12	A4	11

## PERKUATAN KM. 12+600 (OPSI-3)



## PERKUATAN KM. 12+600 (OPSI-4)



### KETERANGAN

### REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

### JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

### NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

### JUDUL PEKERJAAN

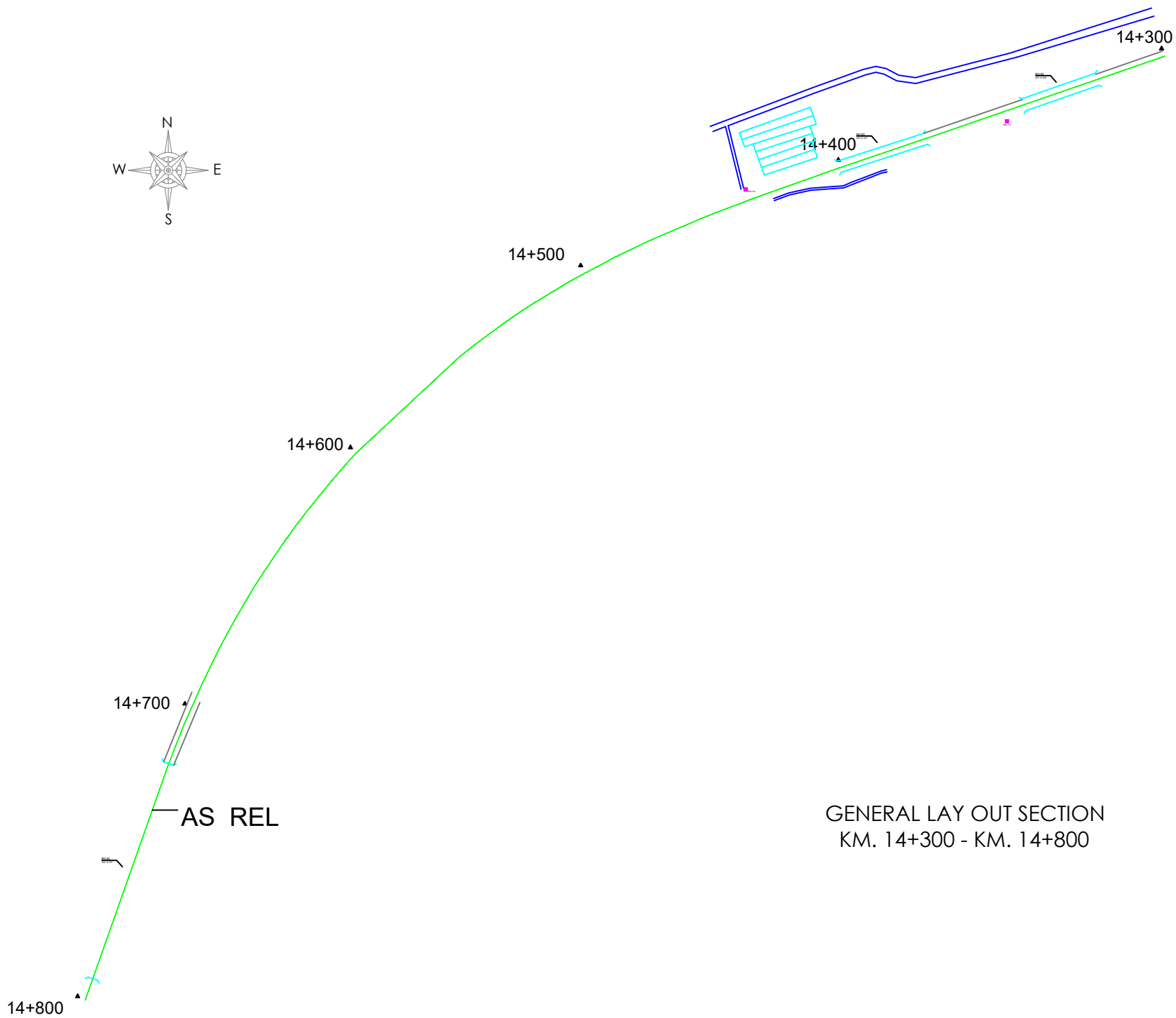
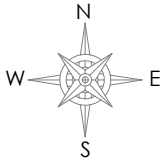
PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

### TUGAS AKHIR 2017

### GAMBAR

PERKUATAN CROSS SECTION  
KM. 12+600  
OPSI-3 & OPSI-4

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	12	A4	12



GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 14+300 - KM. 14+800

**KETERANGAN**

- BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I	<u>Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA</u>
DOSEN PEMBIMBING - II	<u>Musta'in Arif, ST, MT</u>

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

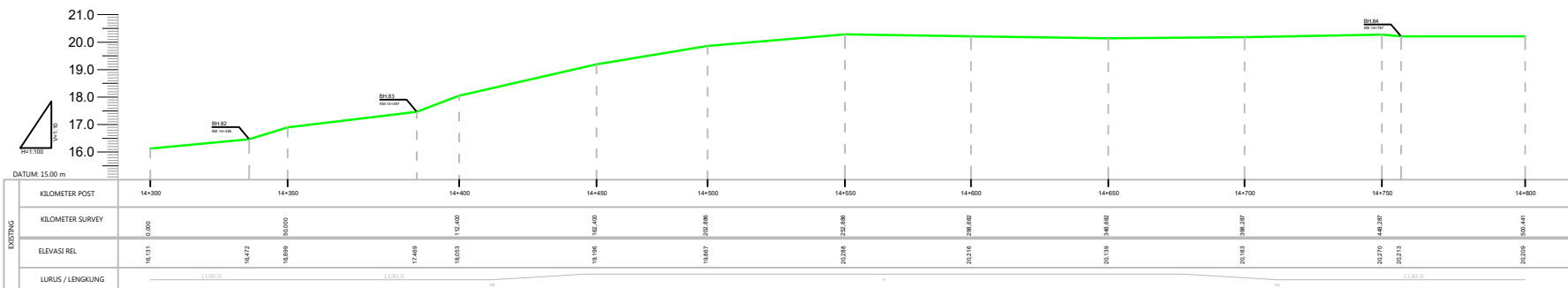
PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**

GENERAL LAYOUT SECTION  
KM. 14+300 - KM. 14+800

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 1250	11	A4	1



LONG SECTION  
KM. 14+300 - KM. 14+800

KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

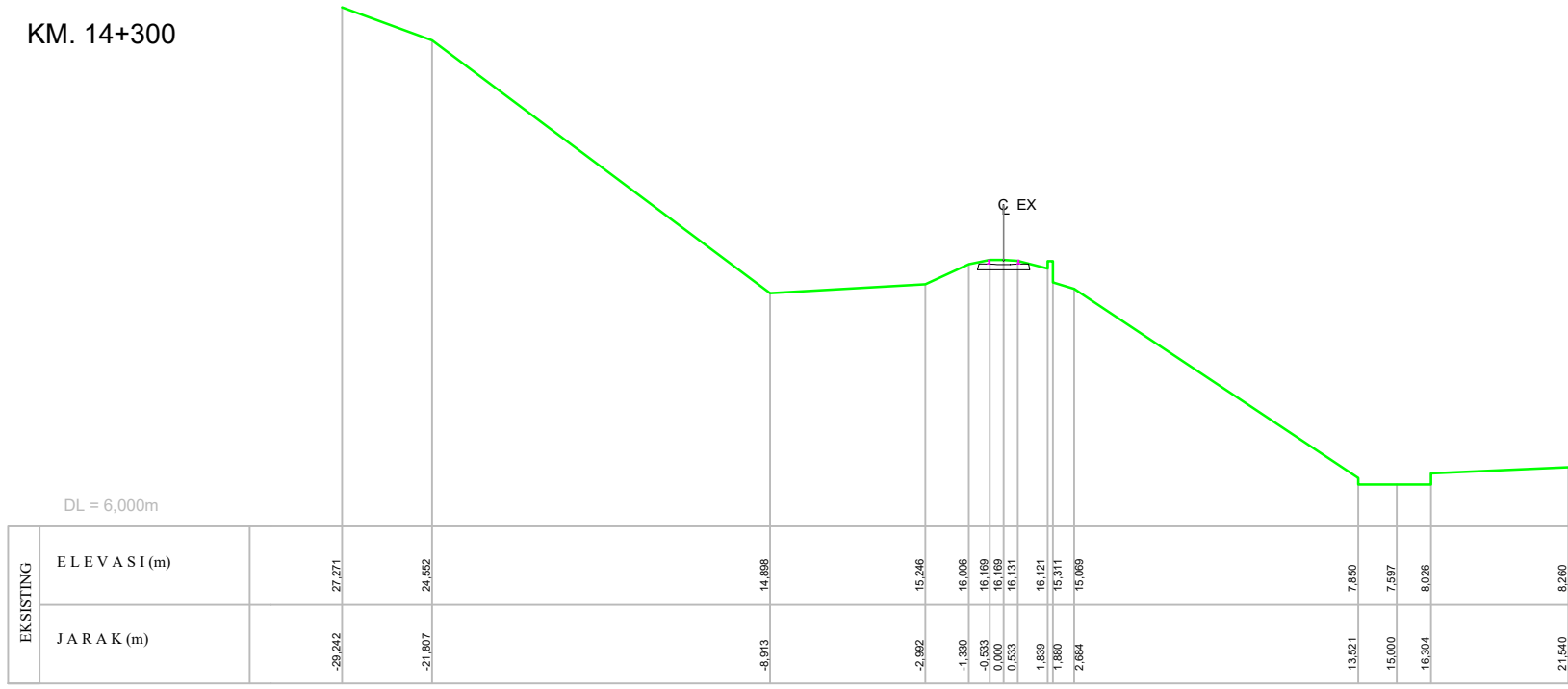
GAMBAR

LONG SECTION  
KM. 14+300 - KM. 14+800

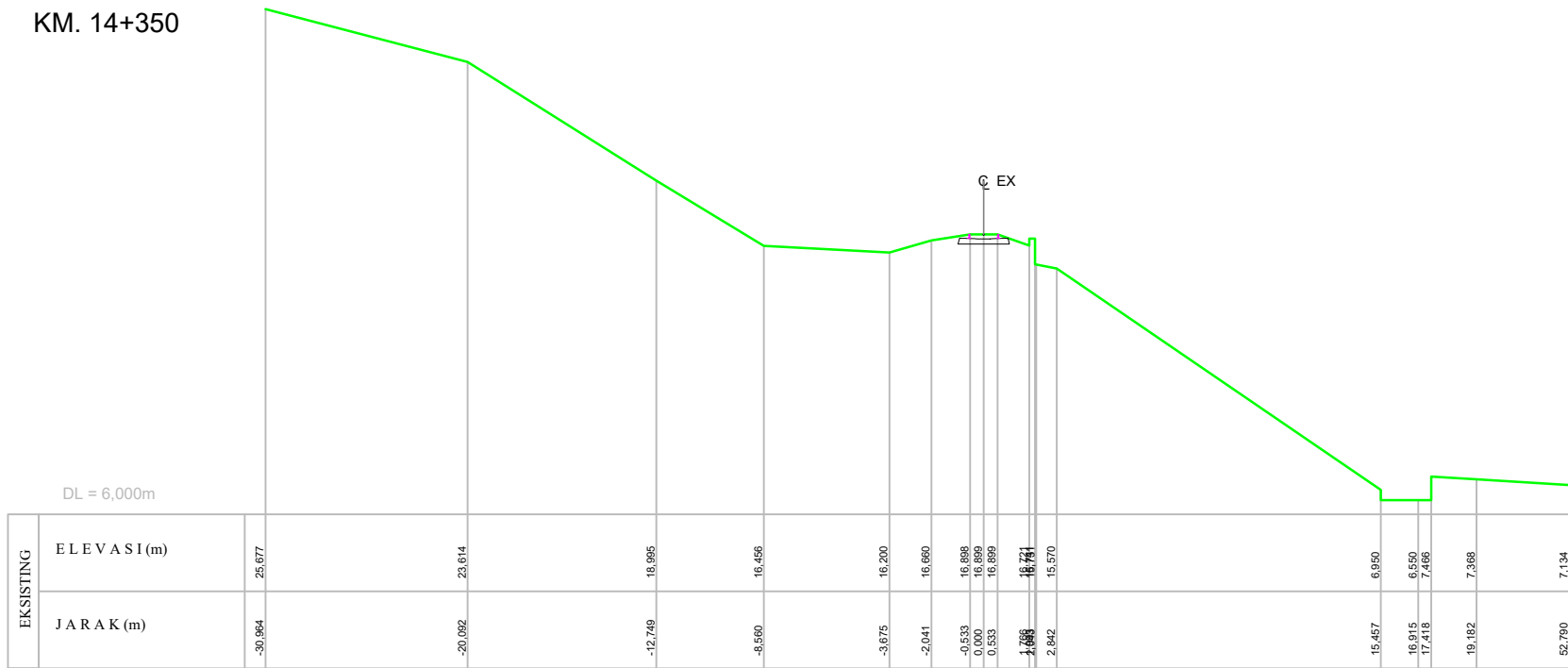
SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 1750	11	A4	2



KM. 14+300



KM. 14+350



KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA

3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

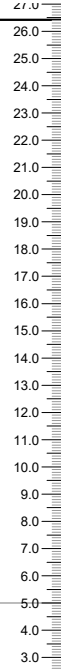
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION  
KM. 14+300 - KM. 14+350

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	11	A4	3

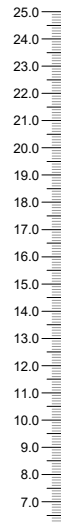
KM. 14+400



DL = 4,000m

EKSISTING	ELEVASI (m)	24.557	21.891	21.862	20.086	17.004	17.004	17.555	17.837	18.049	18.053	18.053	17.755	16.888	16.588	8.914	6.978	6.277	7.197	6.802
	JARAK (m)	-22.452	-16.007	-15.189	-13.249	-6.952	-6.952	-2.415	-1.603	-0.533	0.000	0.533	1.273	2.655	3.249	14.031	25.089	26.245	27.689	32.000

KM. 14+450



DL = 5,000m

EKSISTING	ELEVASI (m)	23.813	23.896	18.561	18.863	19.133	19.196	19.069	18.905	18.685	18.457	19.845	19.551	15.402	10.471	6.442
	JARAK (m)	-16.558	-6.527	-2.540	-1.443	-0.533	0.000	1.485	1.929	2.716	3.637	4.904	10.438	16.672	24.490	34.135

KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

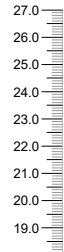
PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR  
  
CROSS SECTION  
KM. 14+400 - KM. 14+450

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	11	A4	4

KM. 14+500



DL = 18,000m

EKSISTING	ELEVASI (m)	22.839	21.618	19.313	19.853	19.763	19.867	19.867	19.738	19.528	19.625	19.354	20.987	20.988
	JARAK (m)	-9.444	-5.082	-2.404	-1.430	-0.533	0.000	0.533	1.228	1.850	2.835	4.106	5.711	13.784

KM. 14+550

DL = 14,000m

EKSISTING	ELEVASI (m)	25.544	25.206	25.694	19.750	20.041	20.191	20.283	20.283	20.270	20.055	19.880	22.038	22.319	19.687
	JARAK (m)	-20.652	-10.427	-8.335	-2.333	-1.605	-0.533	0.000	0.533	1.533	2.573	3.159	5.315	15.838	31.378

KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

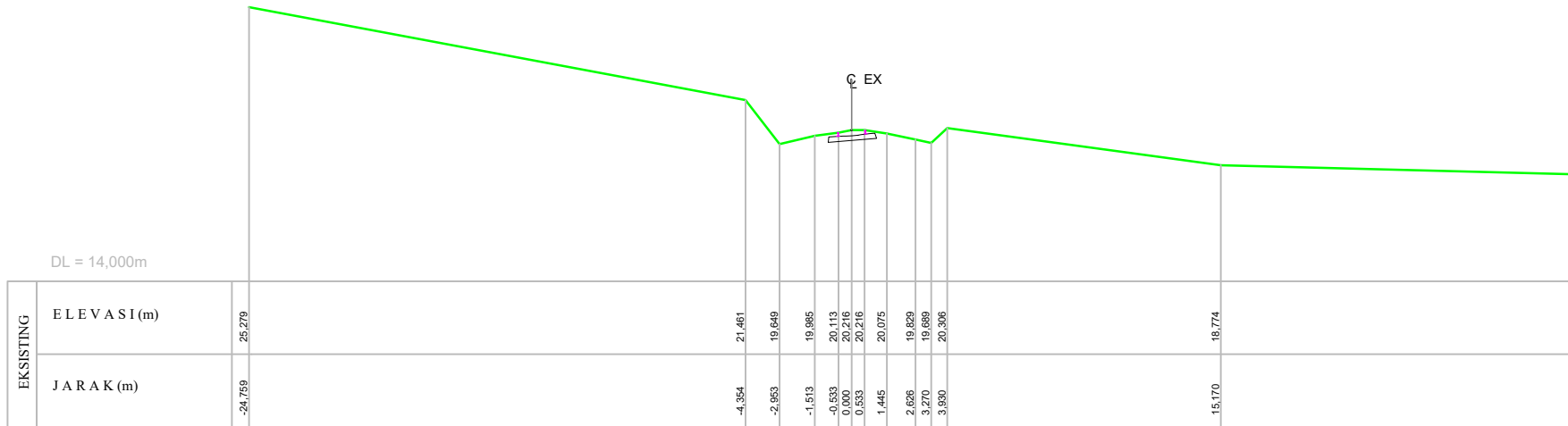
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

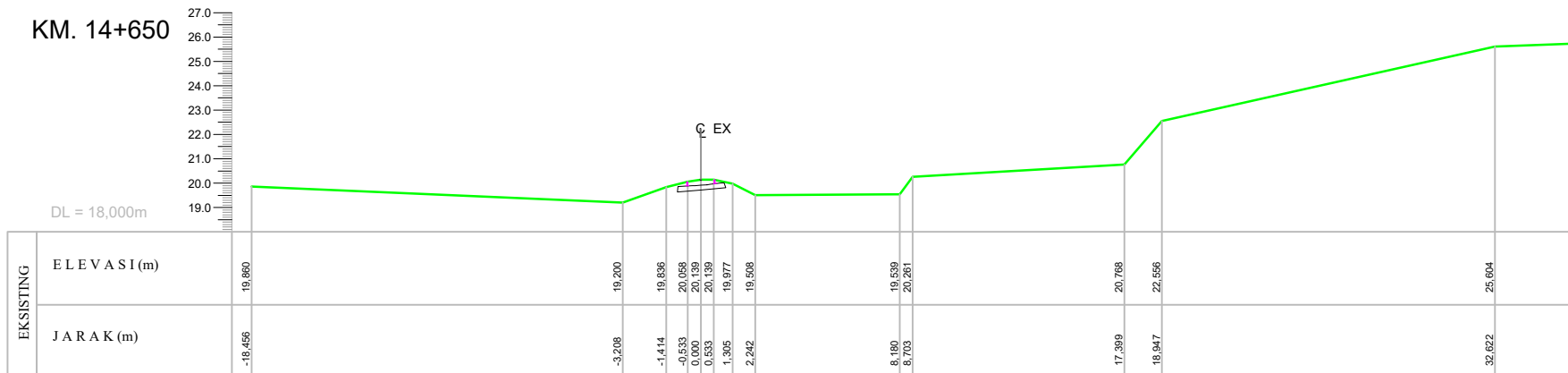
CROSS SECTION  
KM. 14+500 - KM. 14+550

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	11	A4	5

KM. 14+600



KM. 14+650



KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA

3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

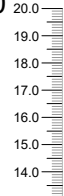
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

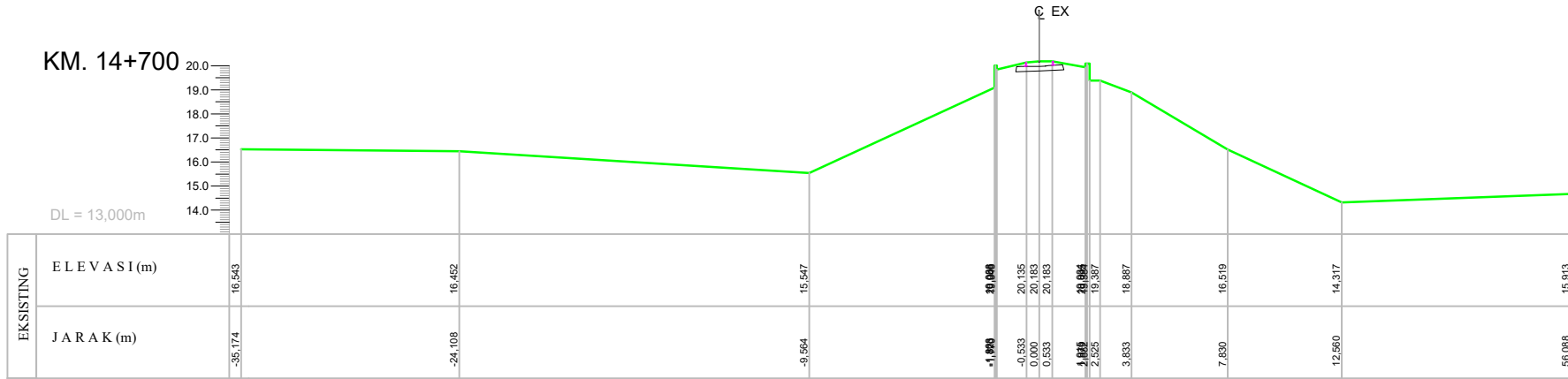
CROSS SECTION  
KM. 14+600 - KM. 14+650

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	11	A4	6

KM. 14+700



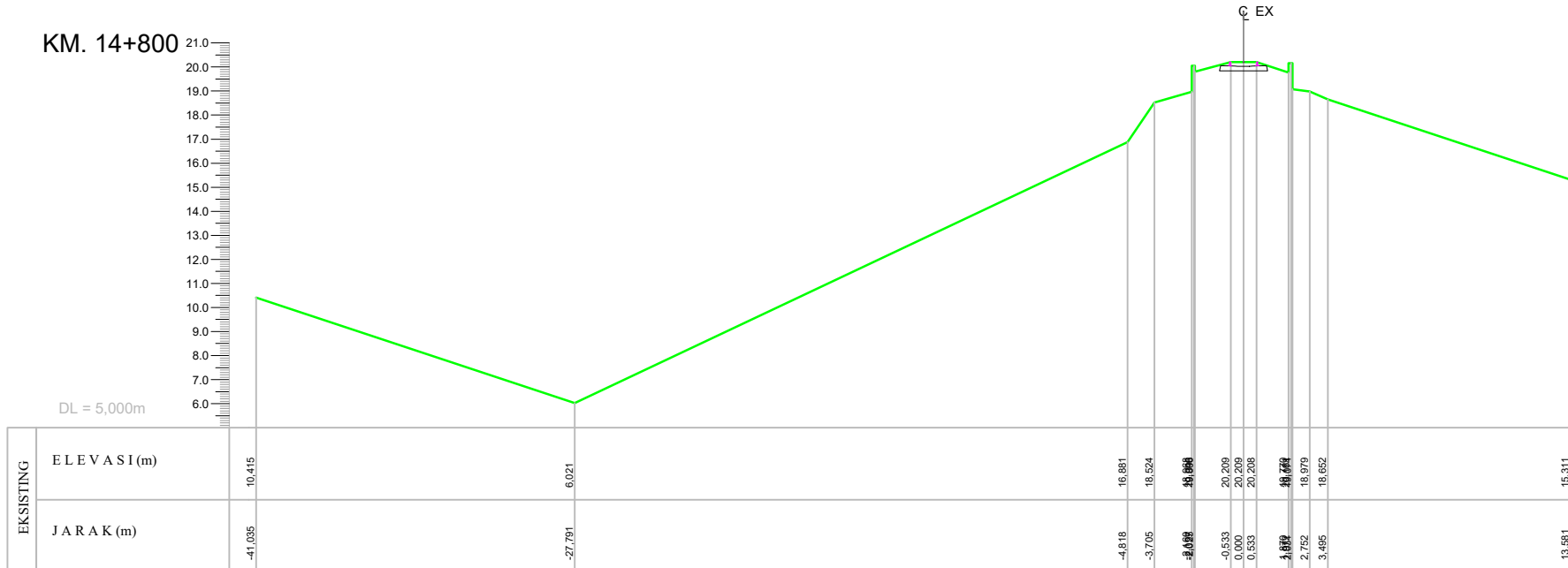
DL = 13,000m



KM. 14+800



DL = 5,000m



KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

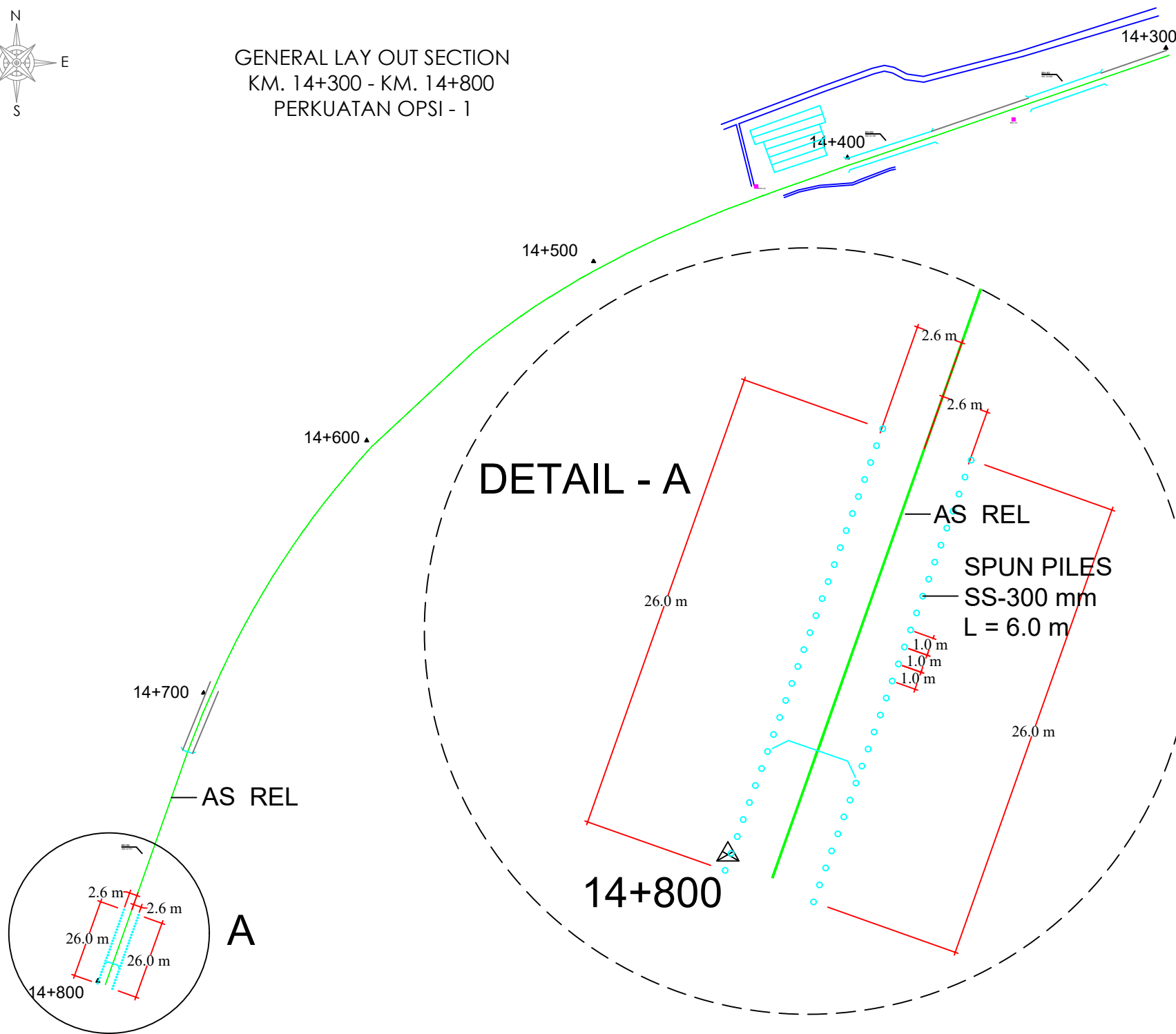
GAMBAR

CROSS SECTION  
KM. 14+700 - KM. 14+800

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	11	A4	7



GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 14+300 - KM. 14+800  
PERKUATAN OPSI - 1



KETERANGAN

- ▣ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

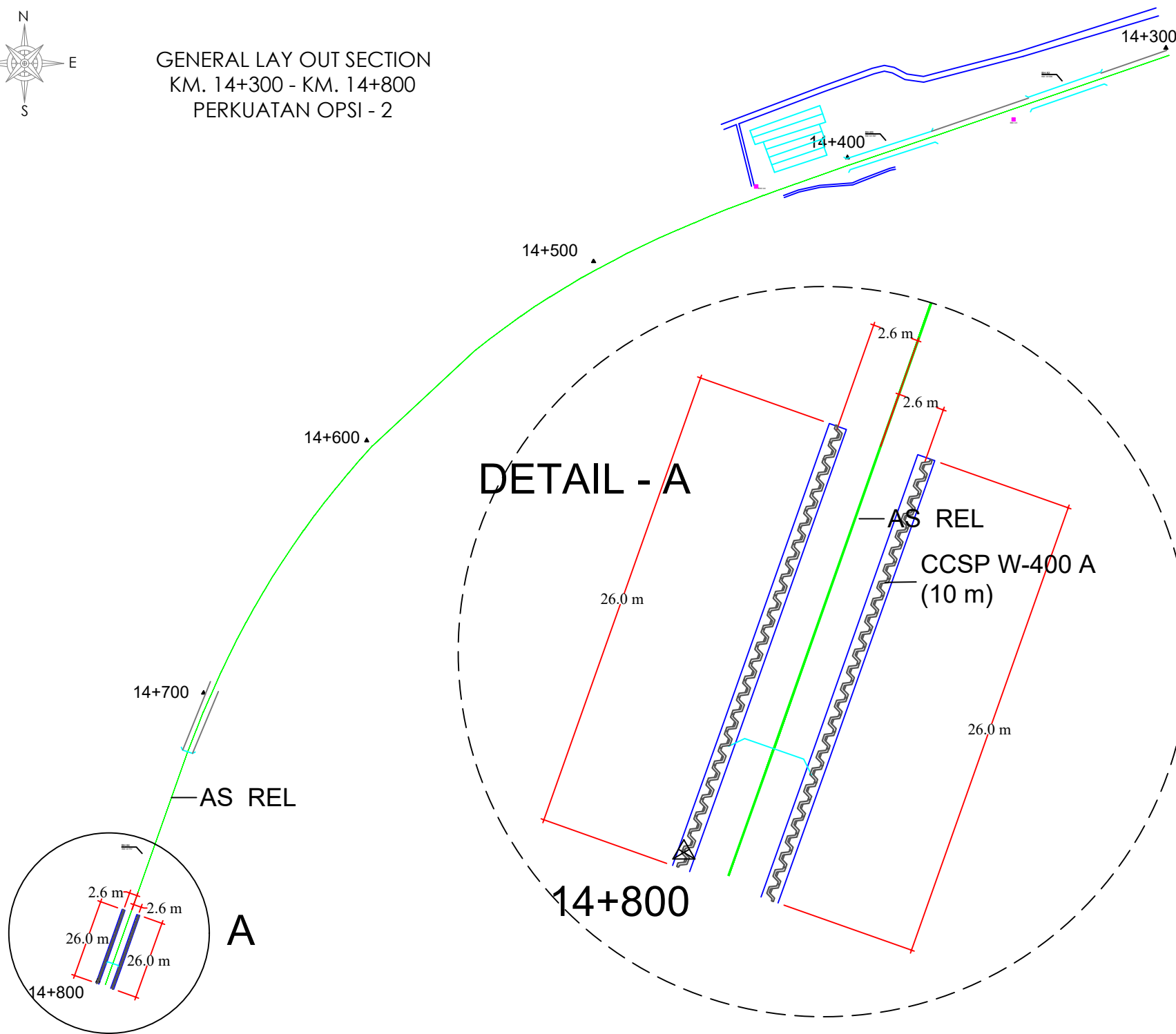
GAMBAR

GENERAL LAYOUT SECTION  
KM. 14+300 - KM. 14+800  
PERKUATAN OPSI - 1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 1250	11	A4	8



GENERAL LAY OUT SECTION  
 KM. 14+300 - KM. 14+800  
 PERKUATAN OPSI - 2



KETERANGAN

- ▣ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
 DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
 3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
 DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
 OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
 SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

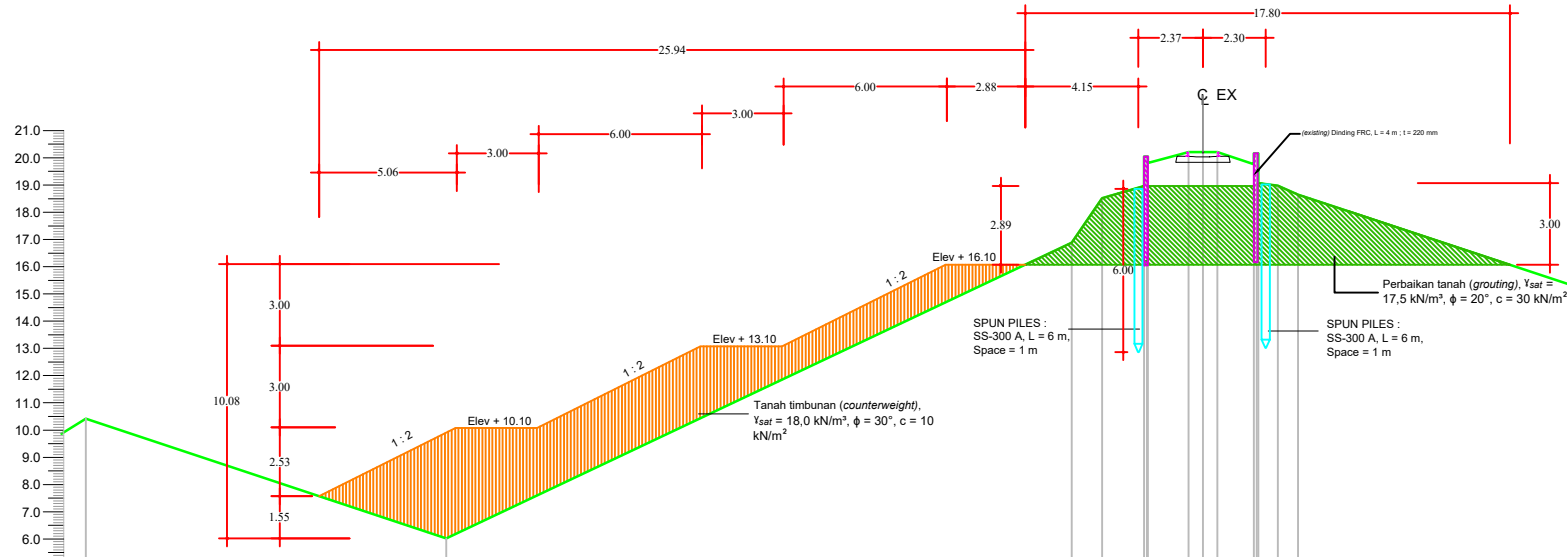
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

GENERAL LAYOUT SECTION  
 KM. 14+300 - KM. 14+800  
 PERKUATAN OPSI - 2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 1250	11	A4	9

# PERKUATAN KM. 14+800 (OPSI-1)



EKSISTING	ELEVASI (m)	JARAK (m)
	70.635	-45.985
	6.021	-27.791
	16.881	-4.818
	18.524	-3.705
	18.888	-3.000
	20.200	-0.533
	20.208	0.000
	20.208	0.533
	18.979	1.800
	18.652	3.495
	15.311	13.581

## KETERANGAN

### REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

## JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
DOSEN PEMBIMBING - II	Musta'in Arif, ST, MT

### NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

### JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

### TUGAS AKHIR 2017

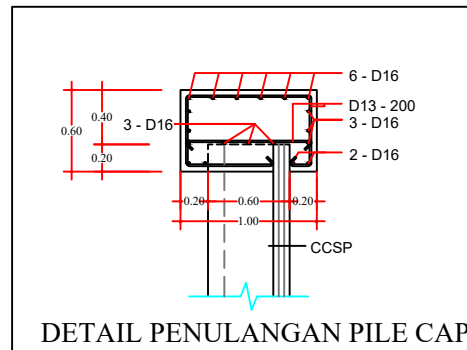
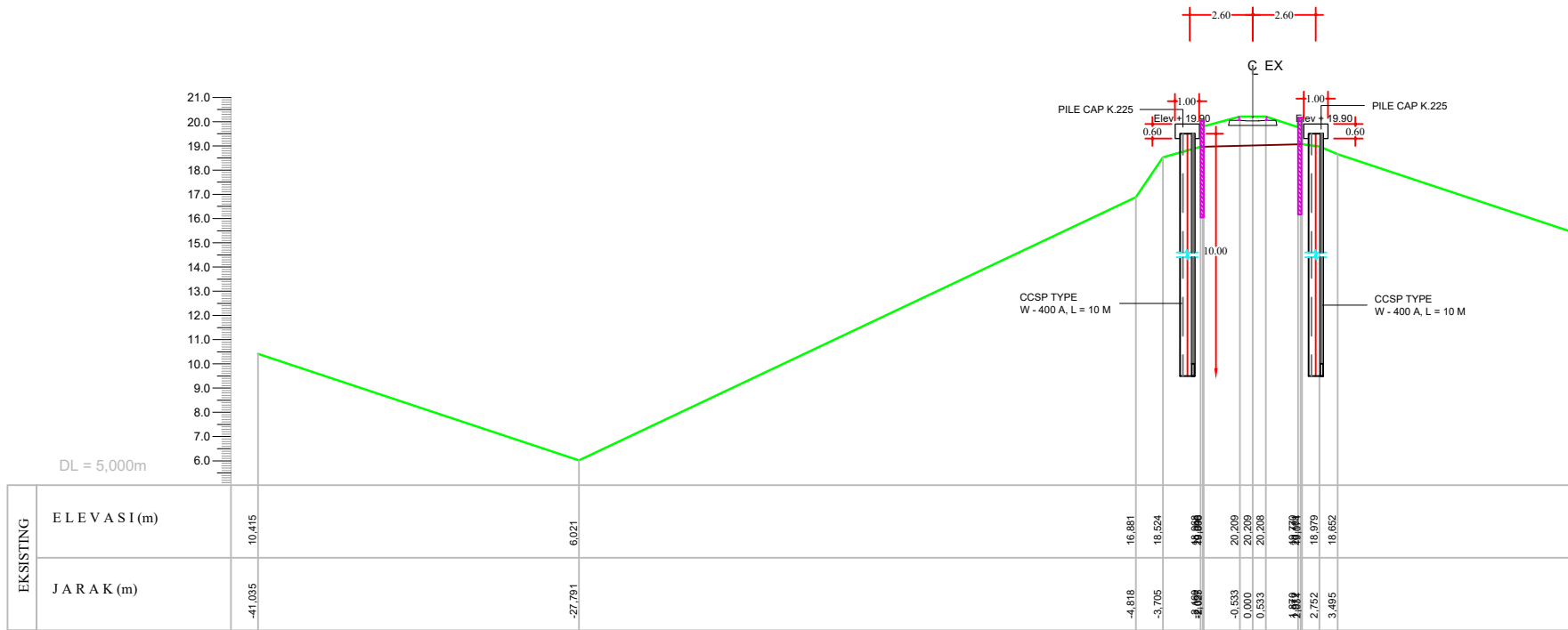
#### GAMBAR

PERKUATAN CROSS SECTION  
KM. 14+800  
OPSI - 1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	11	A4	10



# PERKUATAN KM. 14+800 (OPSI-2)



## KETERANGAN

### REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

## JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, <u>DEA</u>
DOSEN PEMBIMBING - II	<u>Musta'in Arif, ST, MT</u>

### NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

### JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

### TUGAS AKHIR 2017

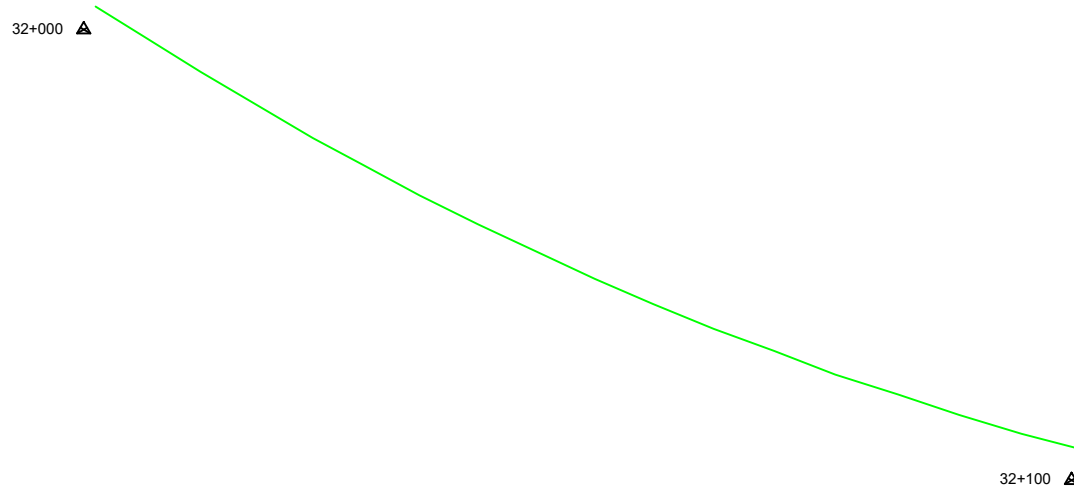
#### GAMBAR

PERKUATAN CROSS SECTION  
KM. 14+800  
OPSI - 2  
DETAIL PENULANGAN PILE CAP

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	11	A4	11



GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 32+000 - KM. 32+100



KETERANGAN

▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

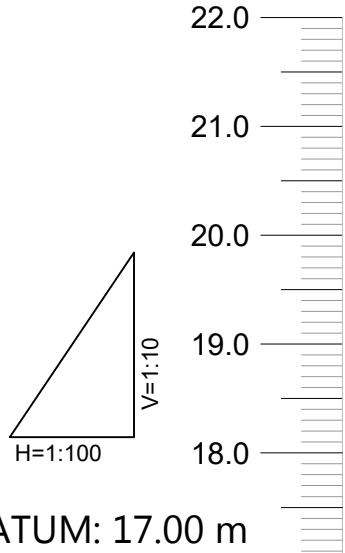
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 32+000 - KM. 32+100

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	9	A4	1

LONG SECTION  
KM. 32+000 - KM. 32+100



DATUM: 17.00 m

EXISTING	KILOMETER POST	32+000	32+050	32+100
	KILOMETER SURVEY	0,000	50,000	100,422
	ELEVASI REL	20,973	20,445	19,930
	LURUS / LINGKUNG			

KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

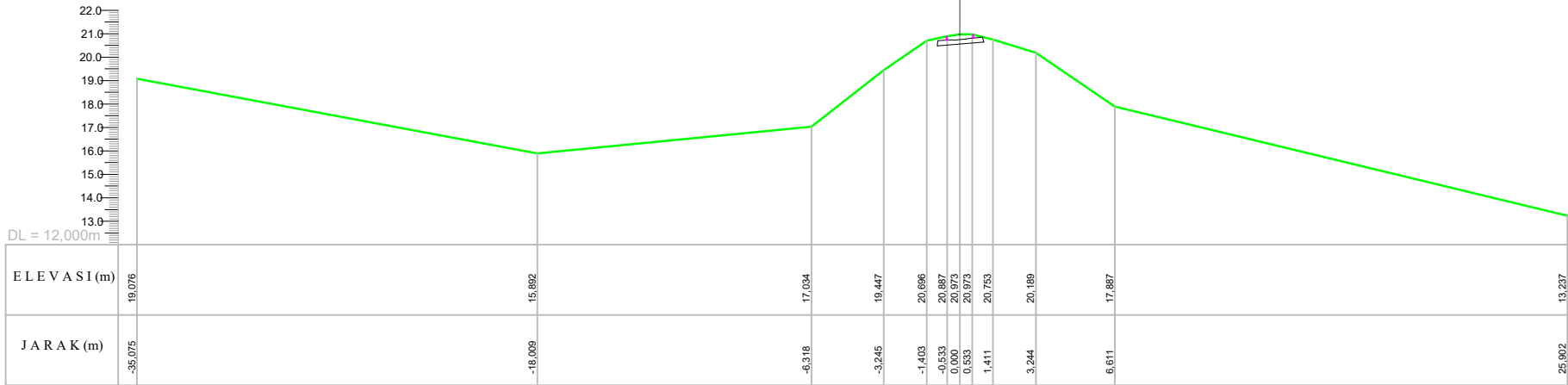
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

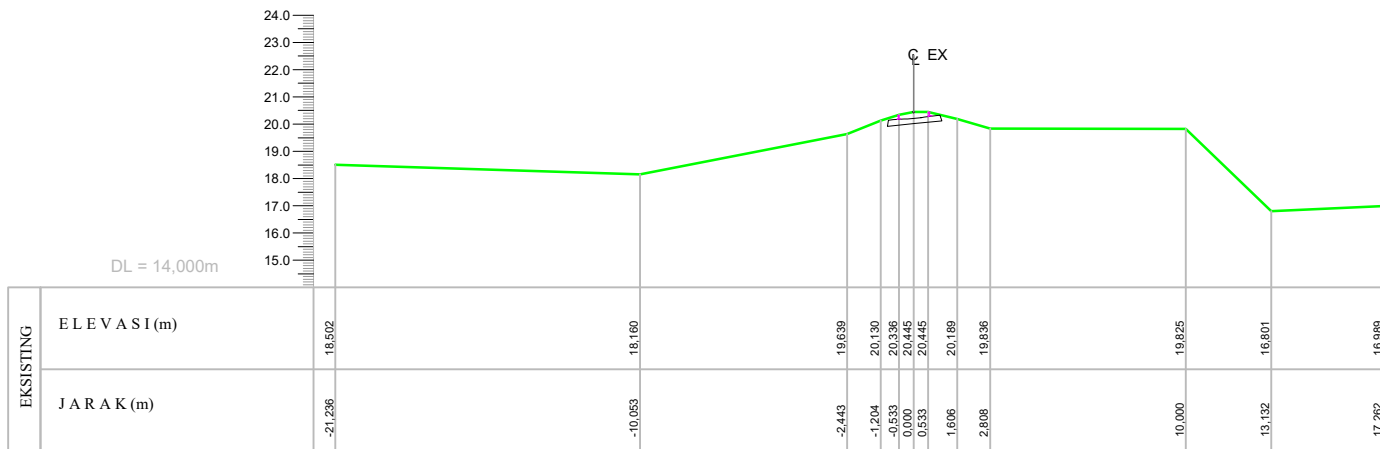
LONG SECTION  
KM. 32+000 - KM. 32+100

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	9	A4	2

STA: 32+000 Datum: 12,000



STA: 32+050 Datum: 14,000



**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFIQ ERIAN SAHARA

3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

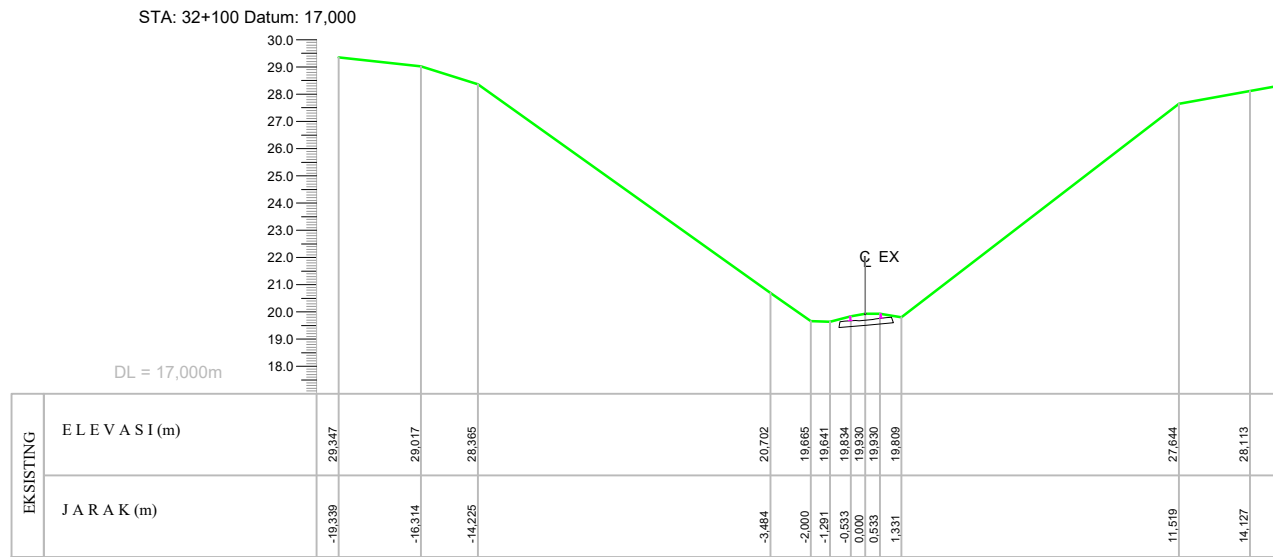
**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

GAMBAR

CROSS SECTION  
KM. 32+000 - KM. 32+050

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	9	A4	3



**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFQI ERIAN SAHARA

3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

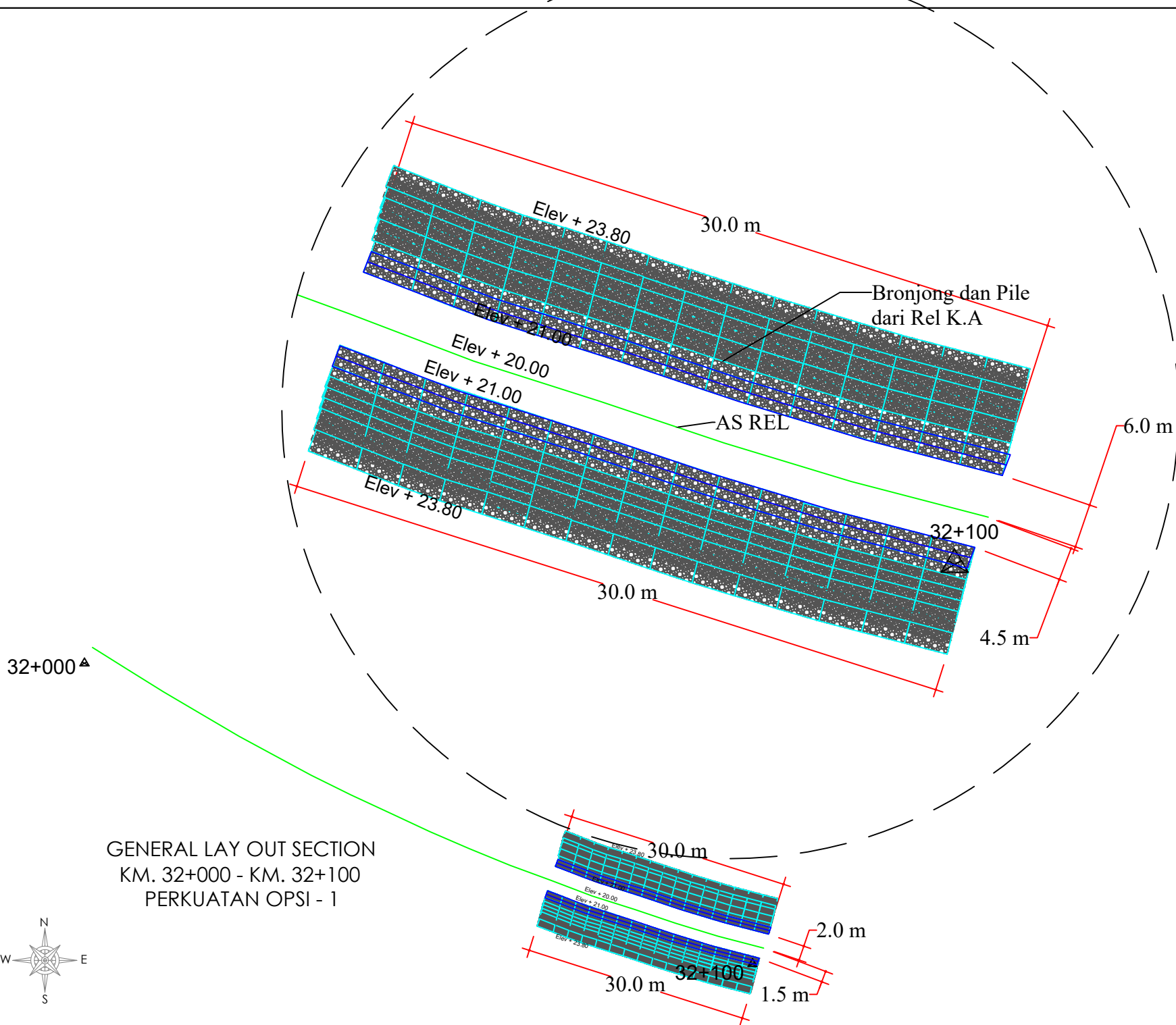
**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**

CROSS SECTION  
KM. 32+100  
&  
PERKUATAN CROSS SECTION  
KM. 32+100

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	9	A4	4

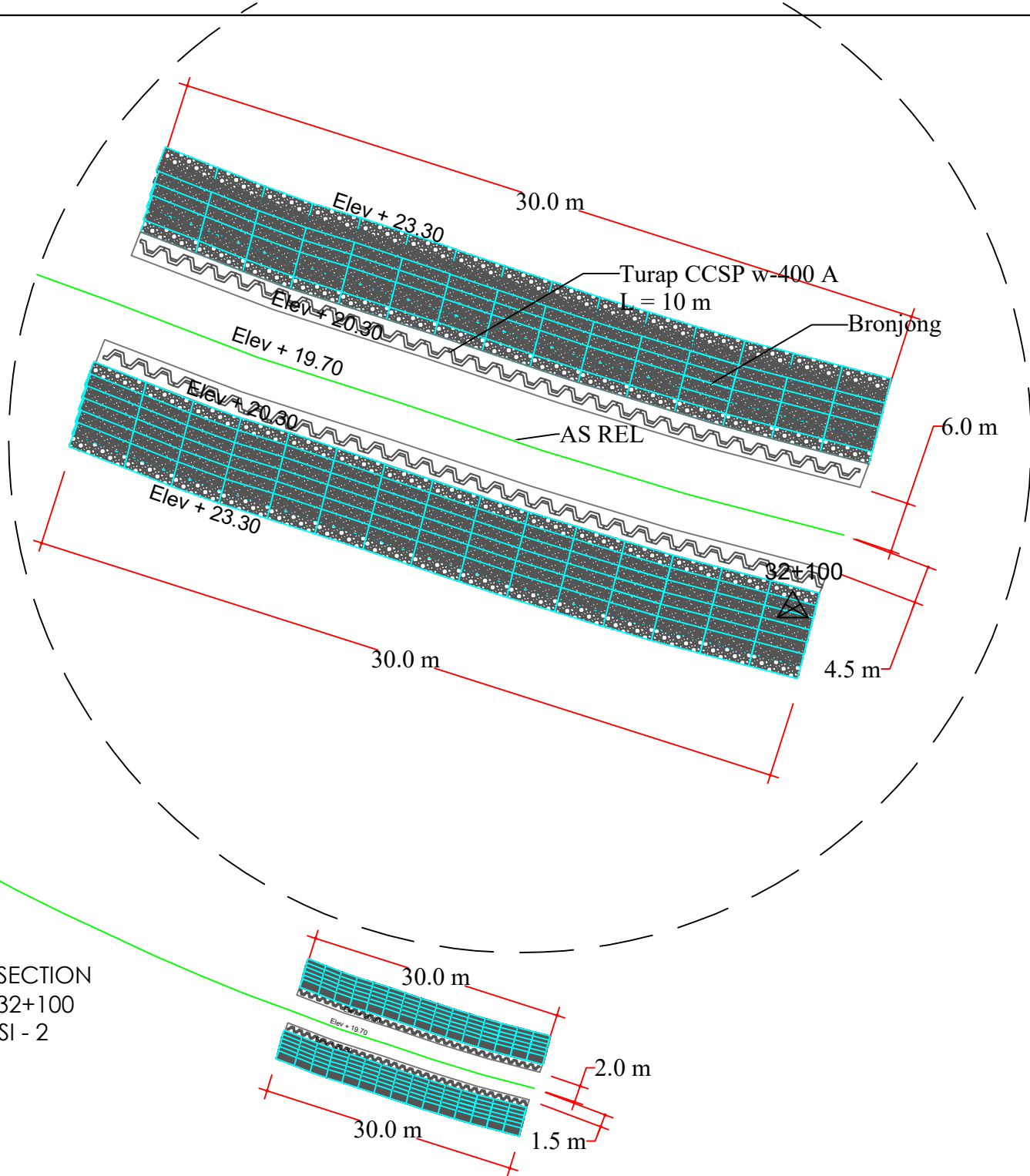


GENERAL LAY OUT SECTION  
 KM. 32+000 - KM. 32+100  
 PERKUATAN OPSI - 1



KETERANGAN				
▲ KM. POINT				
REVISI				
No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP				
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER				
MENGETAHUI / MENYETUJUI :				
DOSEN PEMBIMBING - I		Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA		
DOSEN PEMBIMBING - II		Musta'in Arif, ST, MT		
NAMA & NRP MAHASISWA				
<u>RIFQI ERIAN SAHARA</u> 3113100149				
JUDUL PEKERJAAN				
PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR				
TUGAS AKHIR 2017				
GAMBAR				
GENERAL LAY OUT SECTION KM. 32+000 - KM. 32+100 PERKUATAN OPSI - 1				
SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR	
1 : 500	9	A4	5	

32+000 <sup>▲</sup>



GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 32+000 - KM. 32+100  
PERKUATAN OPSI - 2



**KETERANGAN**

▲ KM. POINT

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

**TUGAS AKHIR 2017**

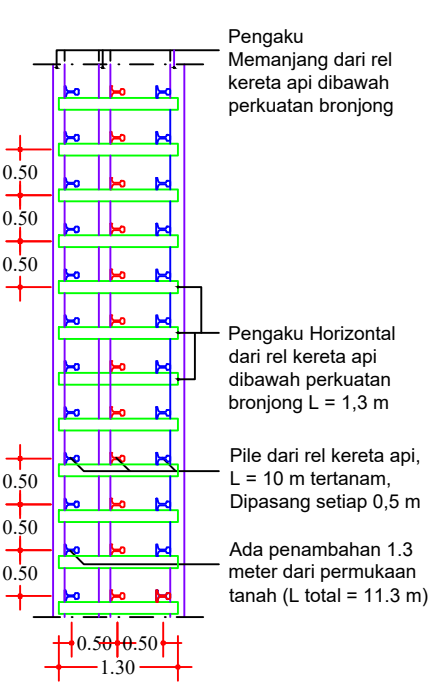
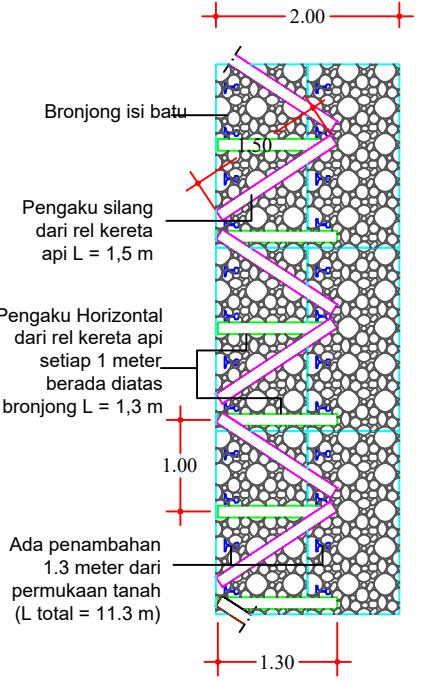
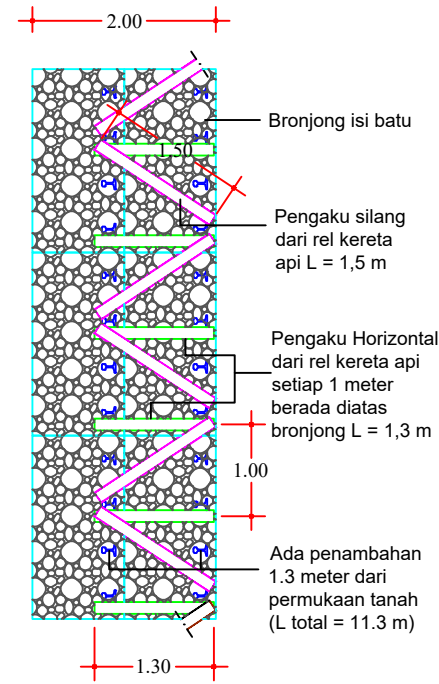
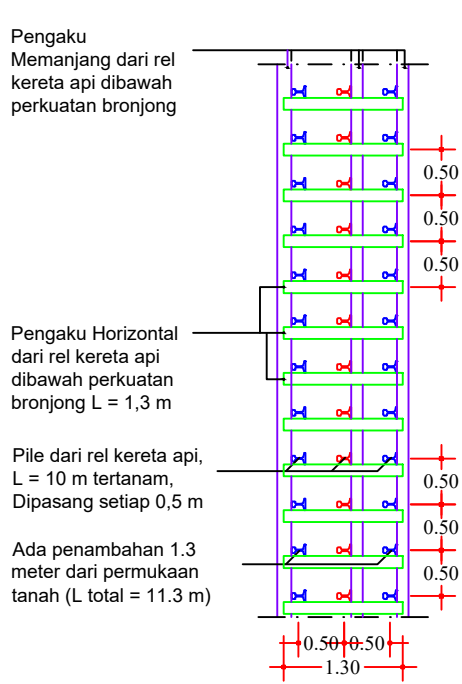
**GAMBAR**

GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 32+000 - KM. 32+100  
PERKUATAN OPSI - 2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	9	A4	6





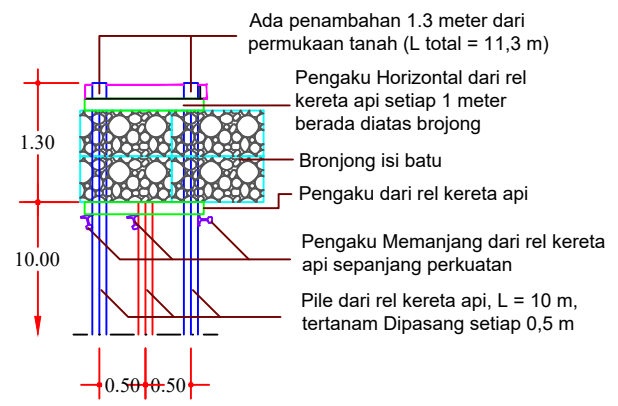
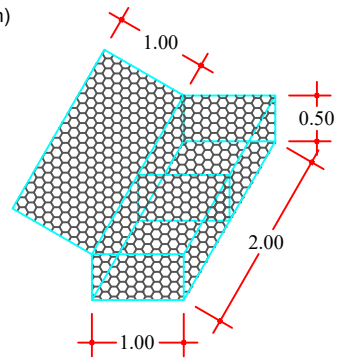
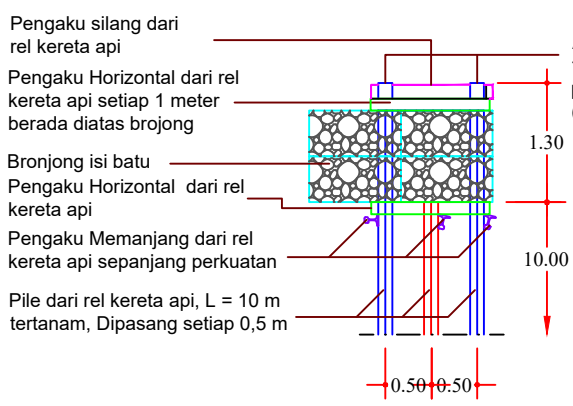


**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**



**TAMPAK SAMPING**

**TAMPAK SAMPING**

**PERKUATAN SISI KIRI**

**DIMENSI BRONJONG**

**PERKUATAN SISI KANAN**

**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I **Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA**

DOSEN PEMBIMBING - II **Musta'in Arif, ST, MT**

**NAMA & NRP MAHASISWA**

**RIFQI ERIAN SAHARA**  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

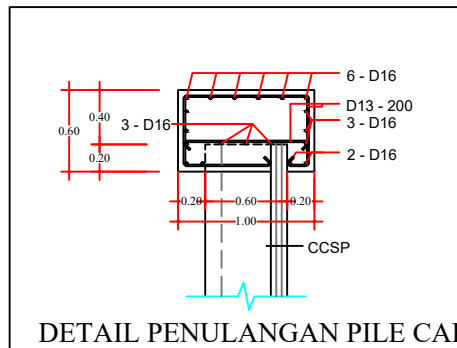
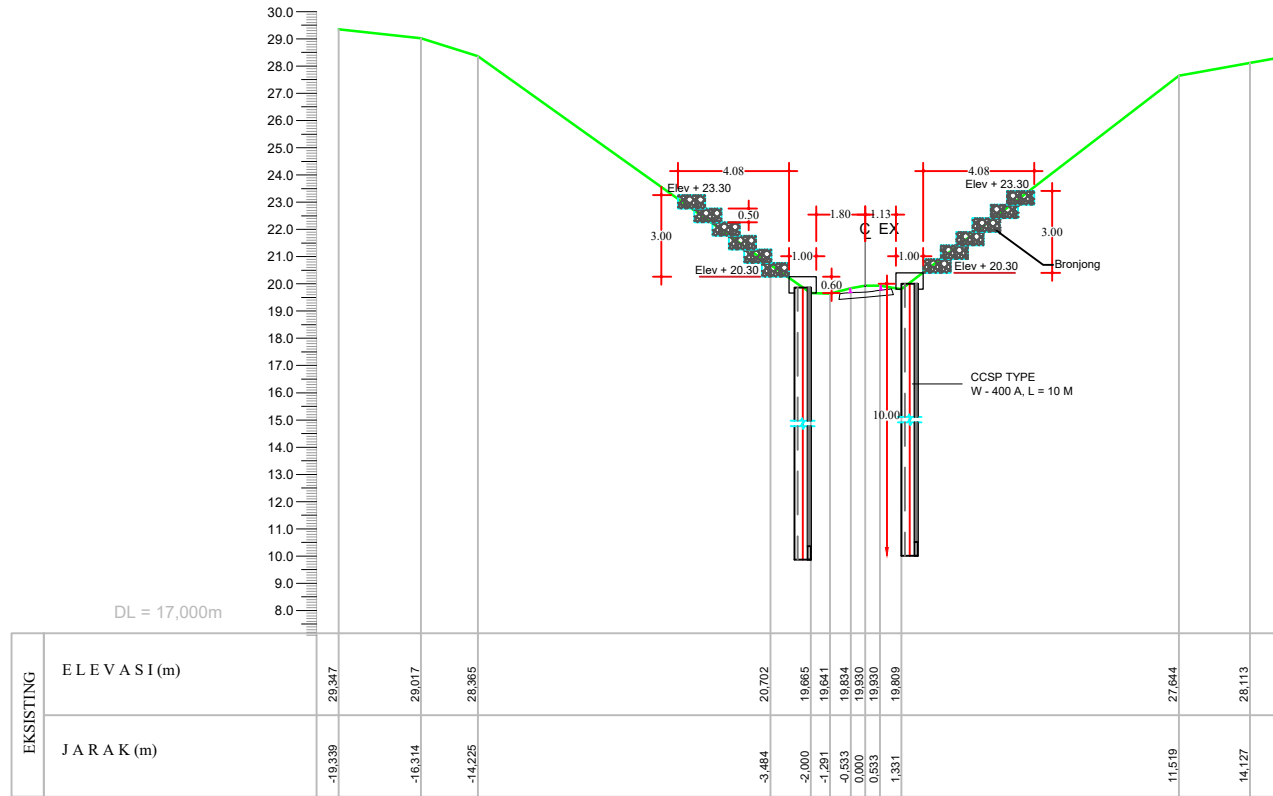
**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**

DETAIL PERKUATAN KONTRUKSI PILE REL OPSI - 1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 25	9	A4	8

# PERKUATAN STA: 32+100 (OPSI - 2)



## KETERANGAN

### REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

## JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA

3113100149

### JUDUL PEKERJAAN

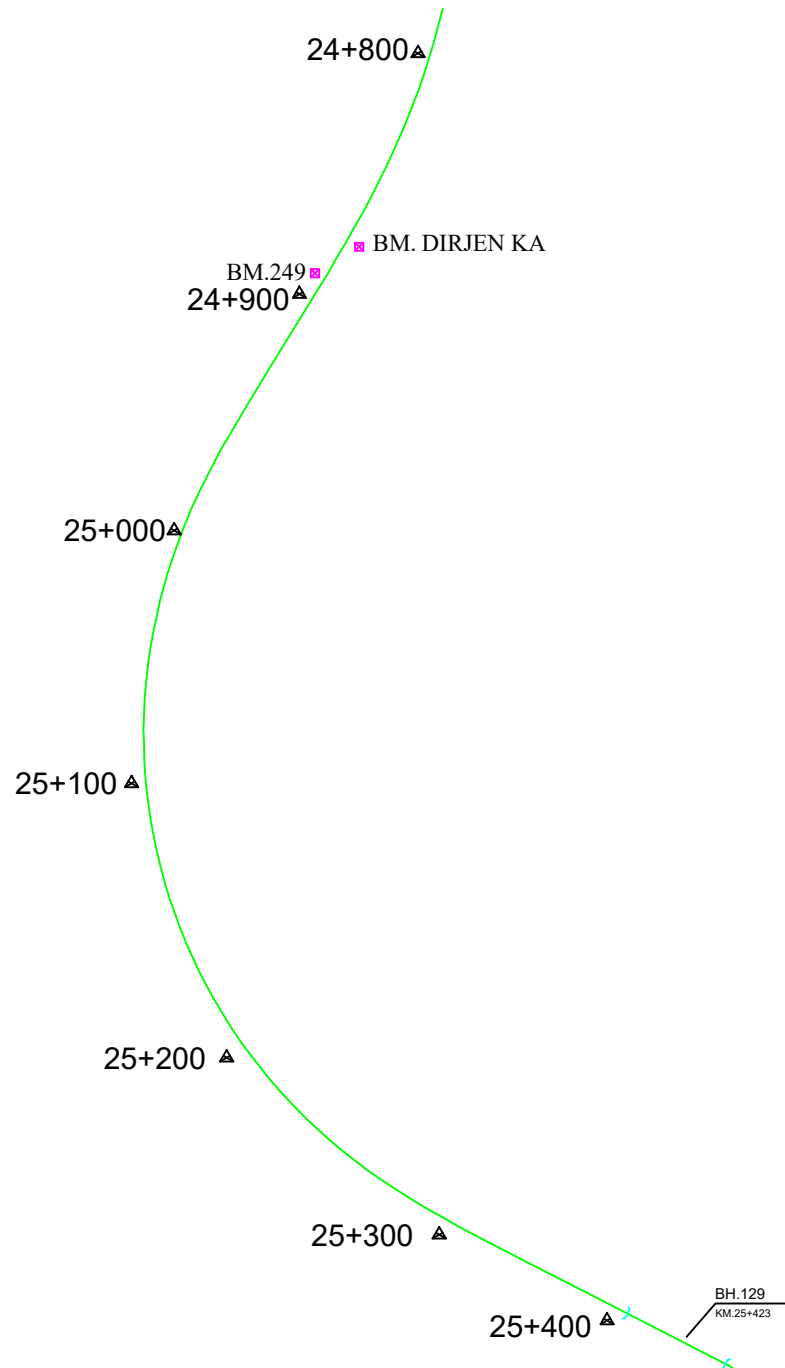
PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

### TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

PERKUATAN CROSS SECTION  
KM. 32+100  
PERKUATAN OPSI -2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	9	A4	9



**KETERANGAN**

- BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

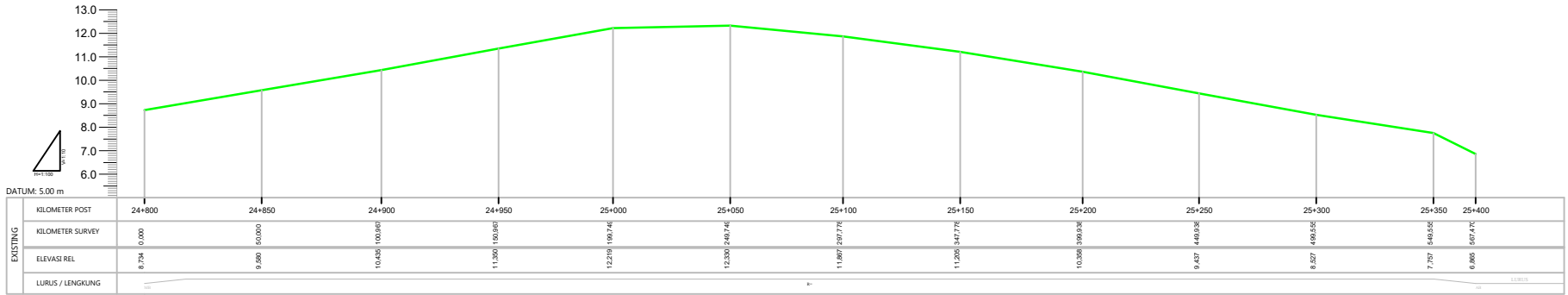
**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**

GENERAL LAY OUT SECTION  
KM. 24+800 - KM. 25+400

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	13	A4	1



**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

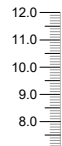
**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

GAMBAR  
  
LONG SECTION  
KM. 24+800 - KM. 25+400

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	13	A4	2

KM. 24+800



DL = 7,000m

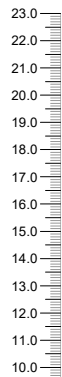
EKSISTING	ELEVASI (m)
	JARAK (m)

KM. 24+850

DL = 8,000m

EKSISTING	ELEVASI (m)
	JARAK (m)

KM. 24+900



DL = 9,000m

EKSISTING	ELEVASI (m)
	JARAK (m)

**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

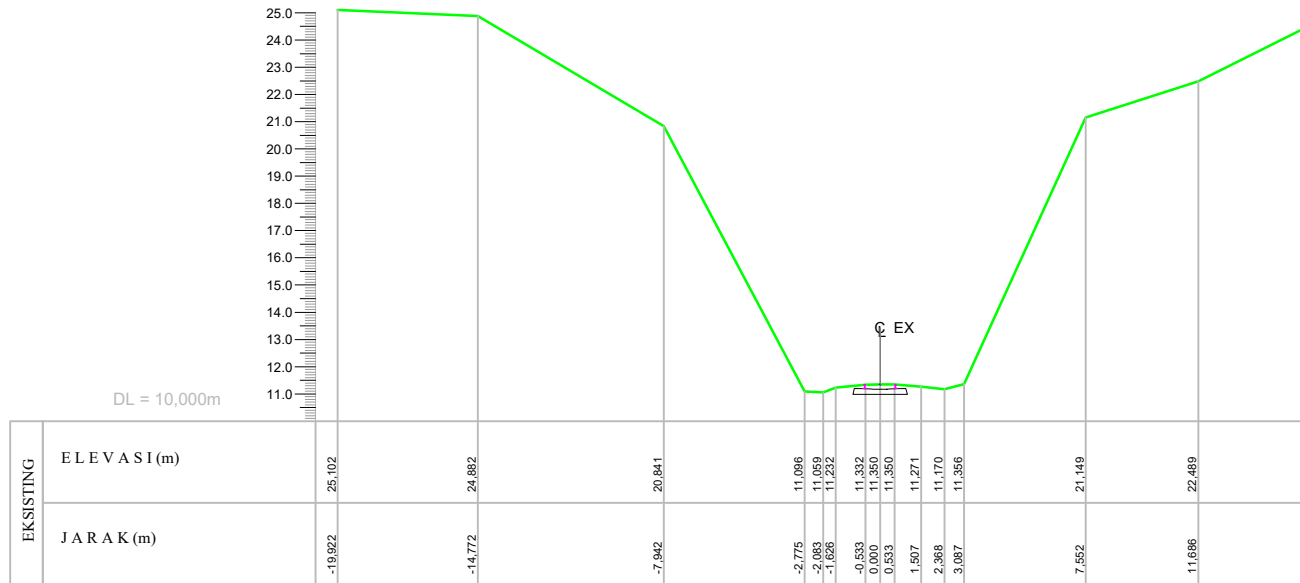
**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**

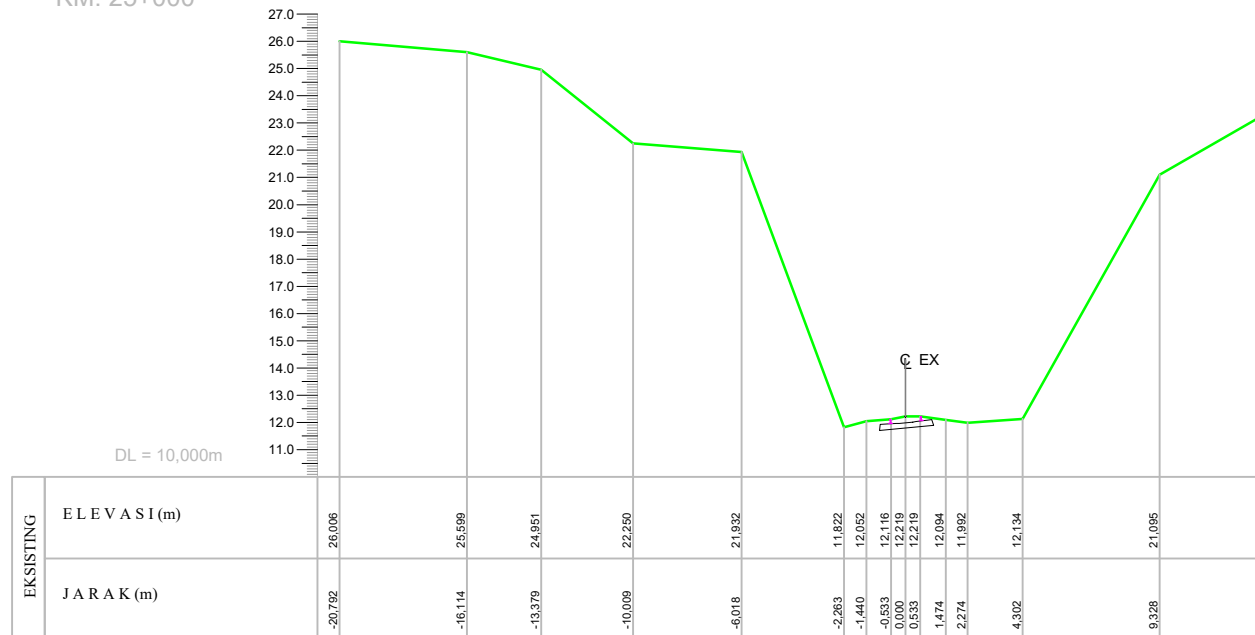
CROSS SECTION  
KM. 24+800 - KM. 24+900

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	13	A4	3

KM. 24+950



KM. 25+000



KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
3113100149

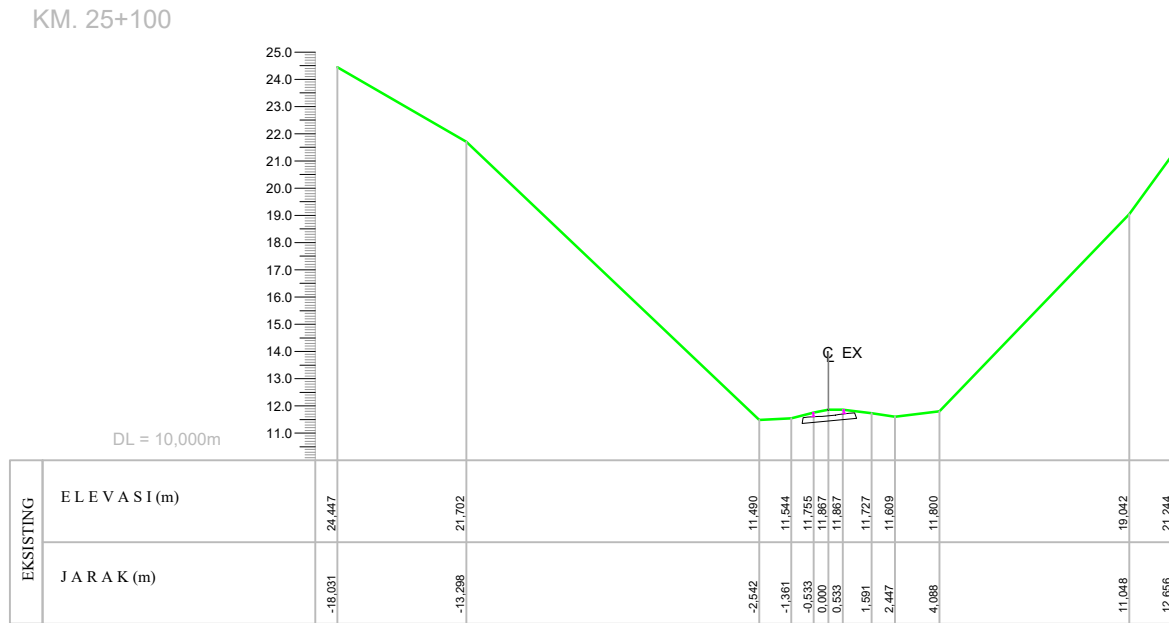
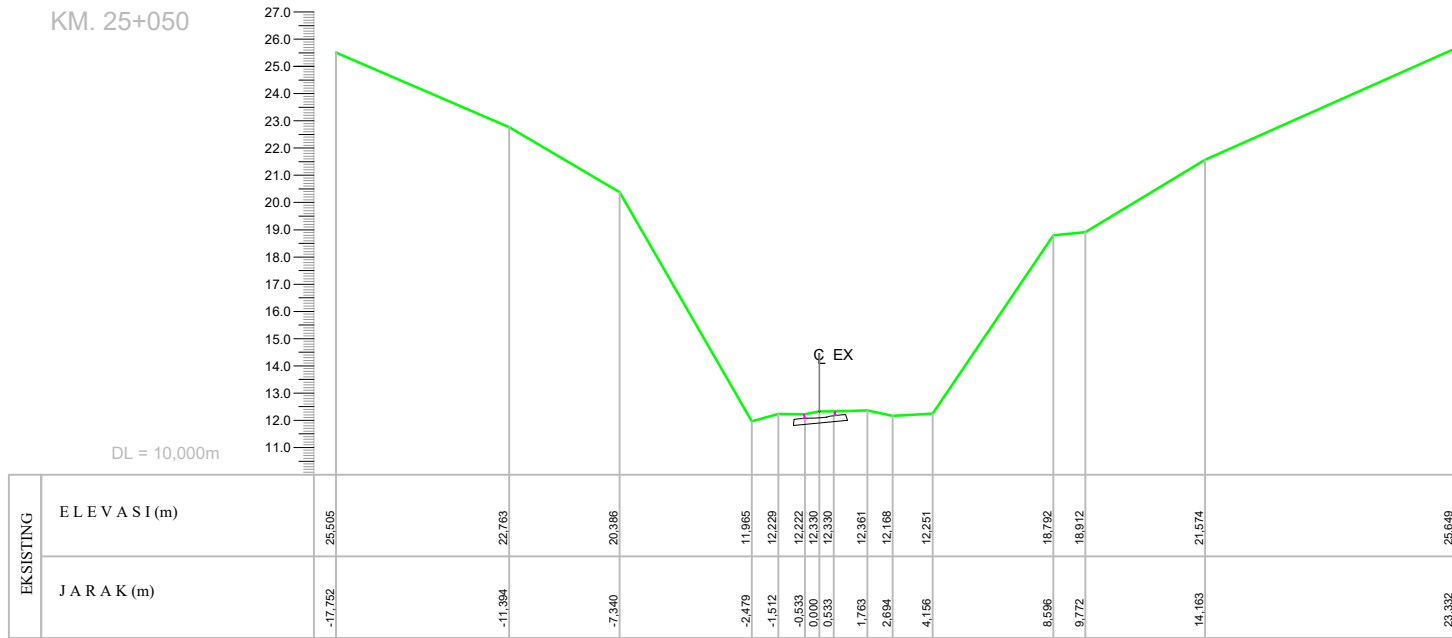
JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR  
CROSS SECTION  
KM. 24+950 - KM. 25+000

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	13	A4	4



**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

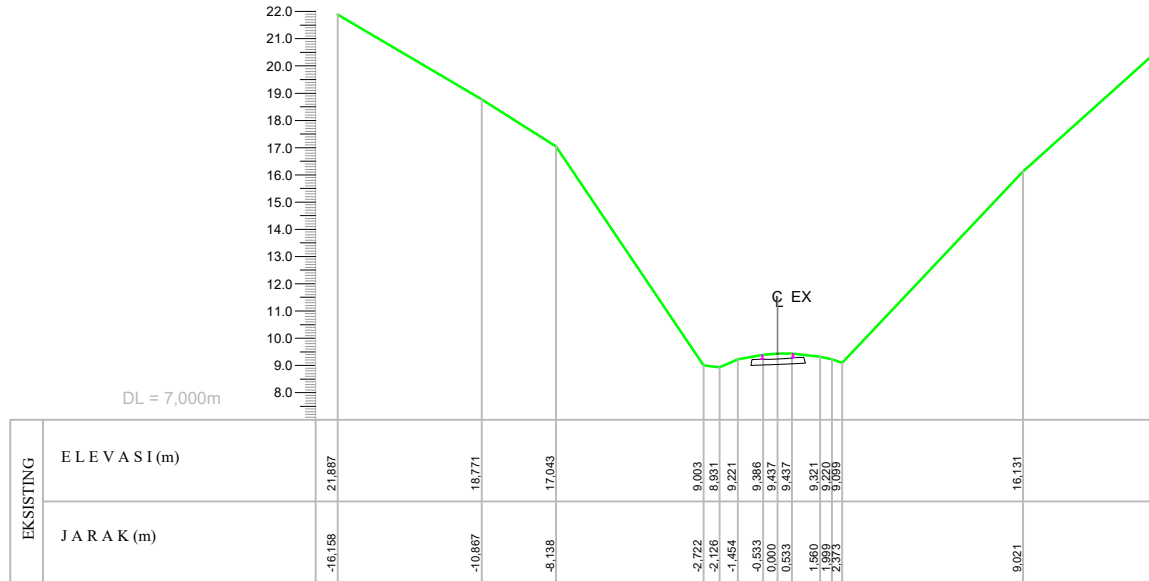
**GAMBAR**  
  
CROSS SECTION  
KM. 25+050 - KM. 25+100

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	13	A4	5

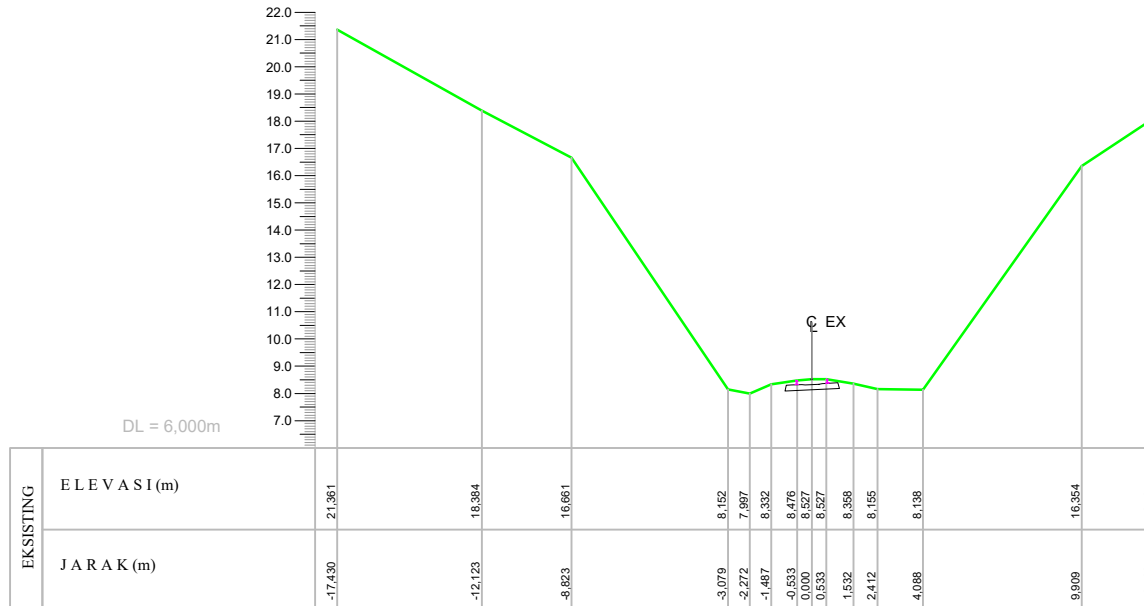




KM. 25+250



KM. 25+300



**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

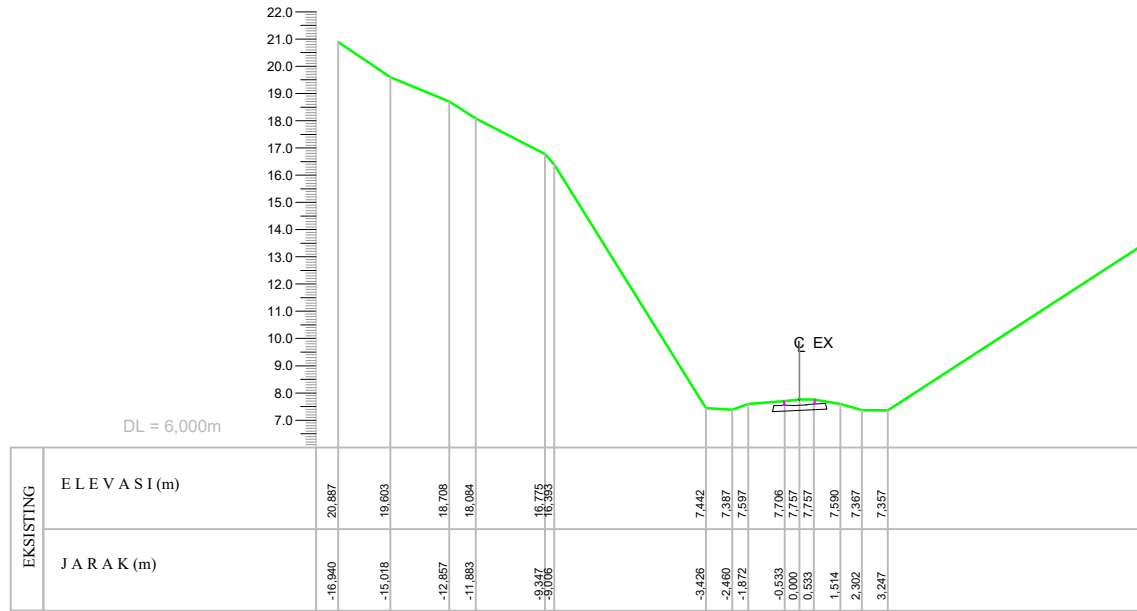
**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

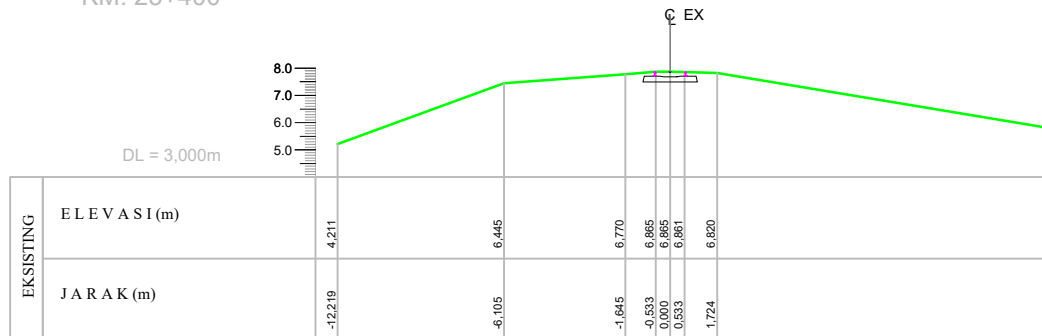
**GAMBAR**  
CROSS SECTION  
KM. 26+050 - KM. 27+000

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	13	A4	7

KM. 25+350



KM. 25+400



**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

**NAMA & NRP MAHASISWA**

RIFIQ ERIAN SAHARA

3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

**TUGAS AKHIR 2017**

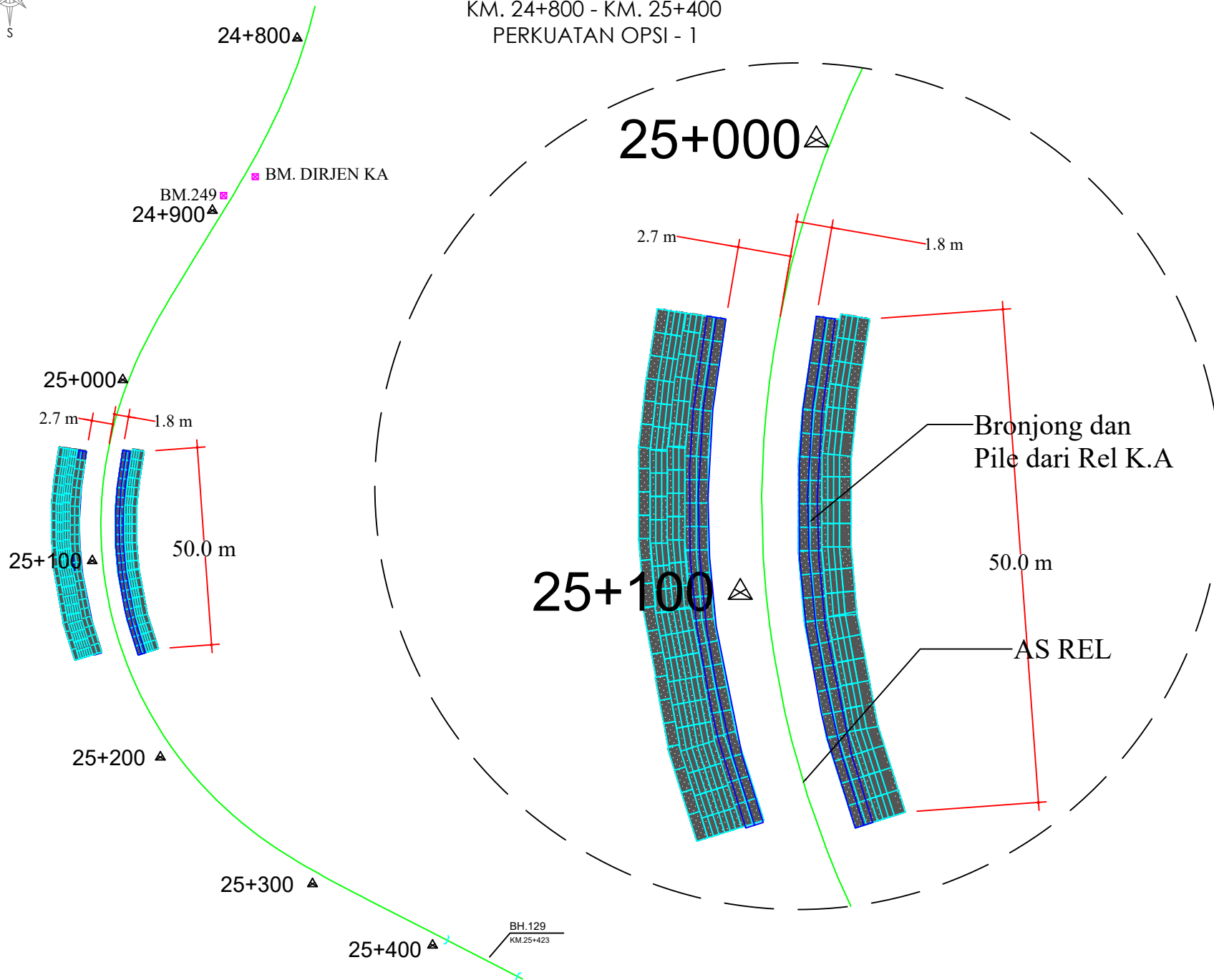
GAMBAR

CROSS SECTION  
KM. 27+050 - KM. 28+000

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	13	A4	8



GENERAL LAY OUT SECTION  
 KM. 24+800 - KM. 25+400  
 PERKUATAN OPSI - 1



KETERANGAN

- ❏ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFOI ERIAN SAHARA

3113100148

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
 DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
 OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
 SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

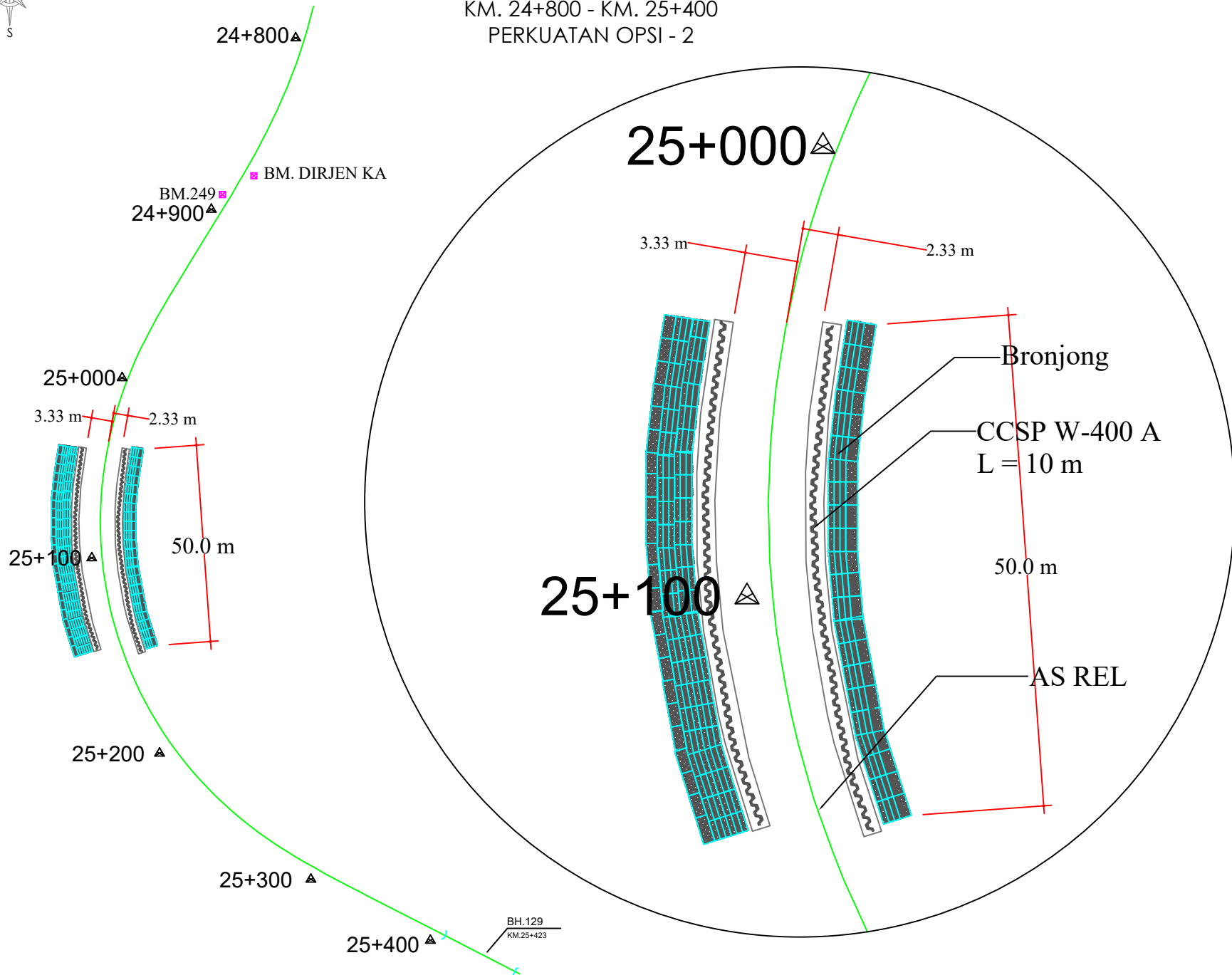
GAMBAR

GENERAL LAY OUT SECTION  
 KM. 24+800 - KM. 25+400  
 PERKUATAN OPSI-1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	13	A4	9



GENERAL LAY OUT SECTION  
 KM. 24+800 - KM. 25+400  
 PERKUATAN OPSI - 2



KETERANGAN

- ❏ BENCH MARK (BM)
- ▲ KM. POINT

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
 DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA  
 3113100148

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
 DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
 OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
 SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

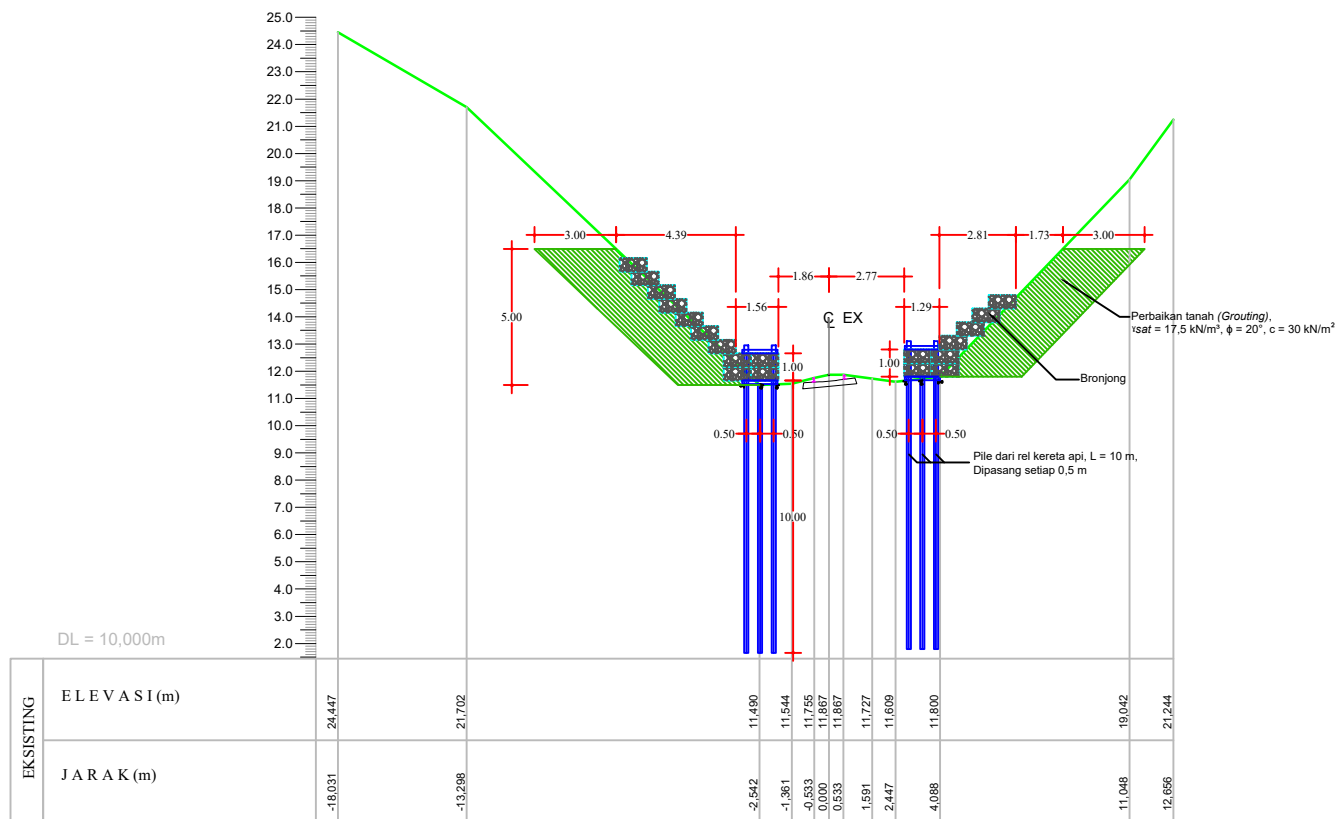
TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

GENERAL LAY OUT SECTION  
 KM. 24+800 - KM. 25+400  
 PERKUATAN OPSI-2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 500	13	A4	10

PERKUATAN KM. 25+100 (OPSI - 1)



KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, <u>DEA</u>
DOSEN PEMBIMBING - II	<u>Musta'in Arif, ST, MT</u>

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFIQ ERIAN SAHARA  
3113100149

JUDUL PEKERJAAN

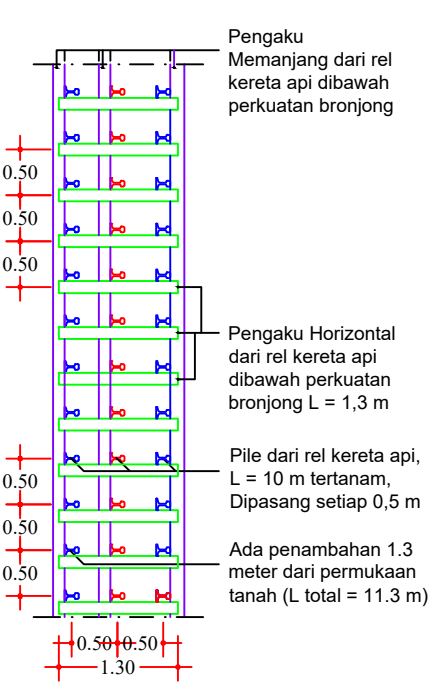
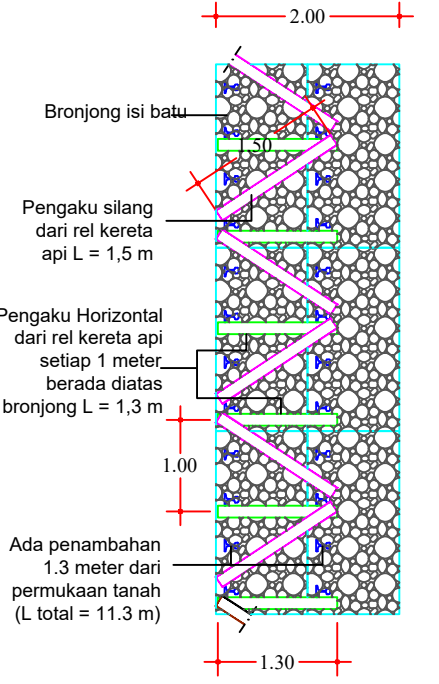
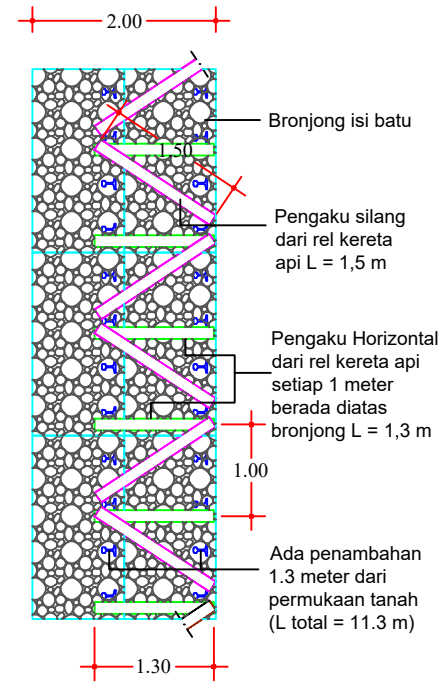
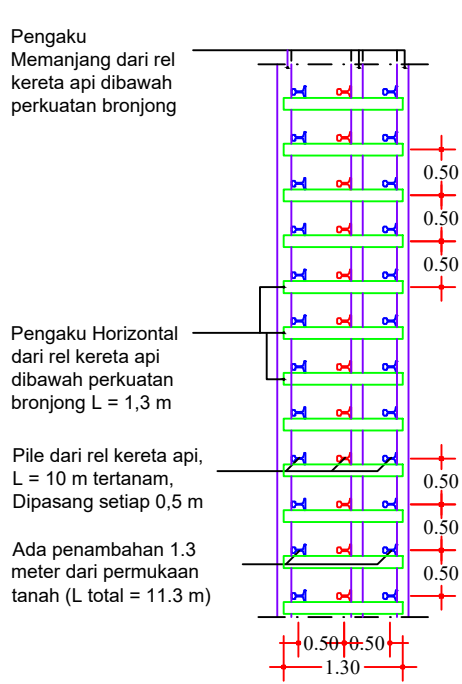
PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION  
KM. 25+100  
PERKUATAN OPSI-1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	13	A4	11

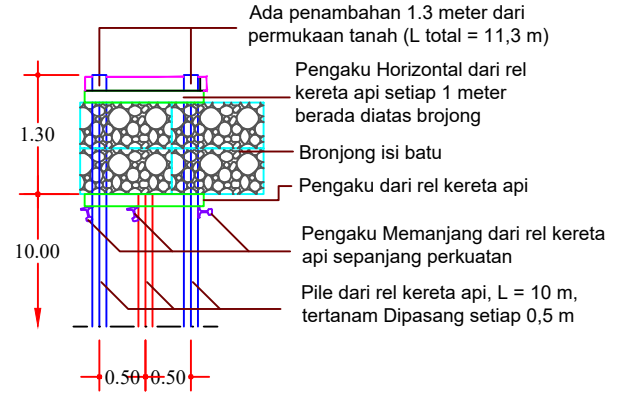
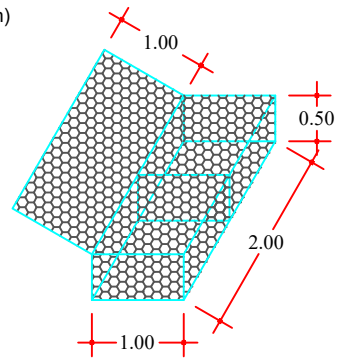
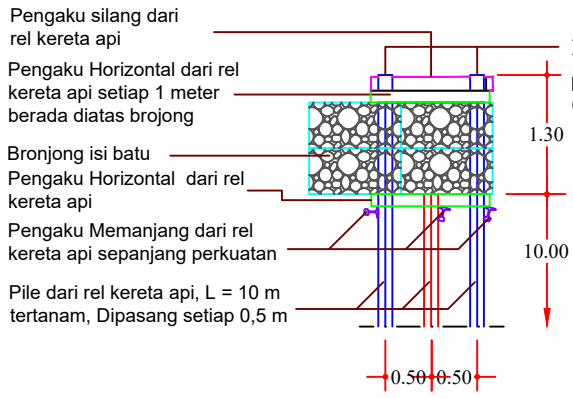


**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIATAS BRONJONG**

**TAMPAK ATAS PERKUATAN DIBAWAH BRONJONG**



**TAMPAK SAMPING**

**TAMPAK SAMPING**

**PERKUATAN SISI KIRI**

**DIMENSI BRONJONG**

**PERKUATAN SISI KANAN**

**KETERANGAN**

**REVISI**

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**MENGETAHUI / MENYETUJUI :**

DOSEN PEMBIMBING - I **Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA**

DOSEN PEMBIMBING - II **Musta'in Arif, ST, MT**

**NAMA & NRP MAHASISWA**

**RIFQI ERIAN SAHARA**  
3113100149

**JUDUL PEKERJAAN**

**PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI IX JEMBER PADA STA. SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM. 14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM. 32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM. 24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR**

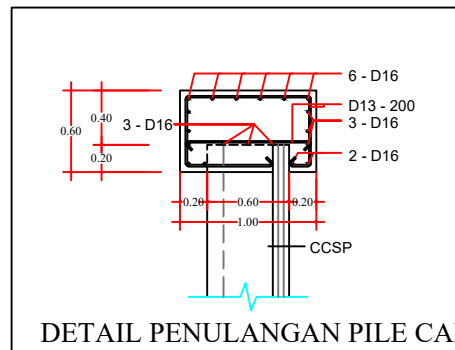
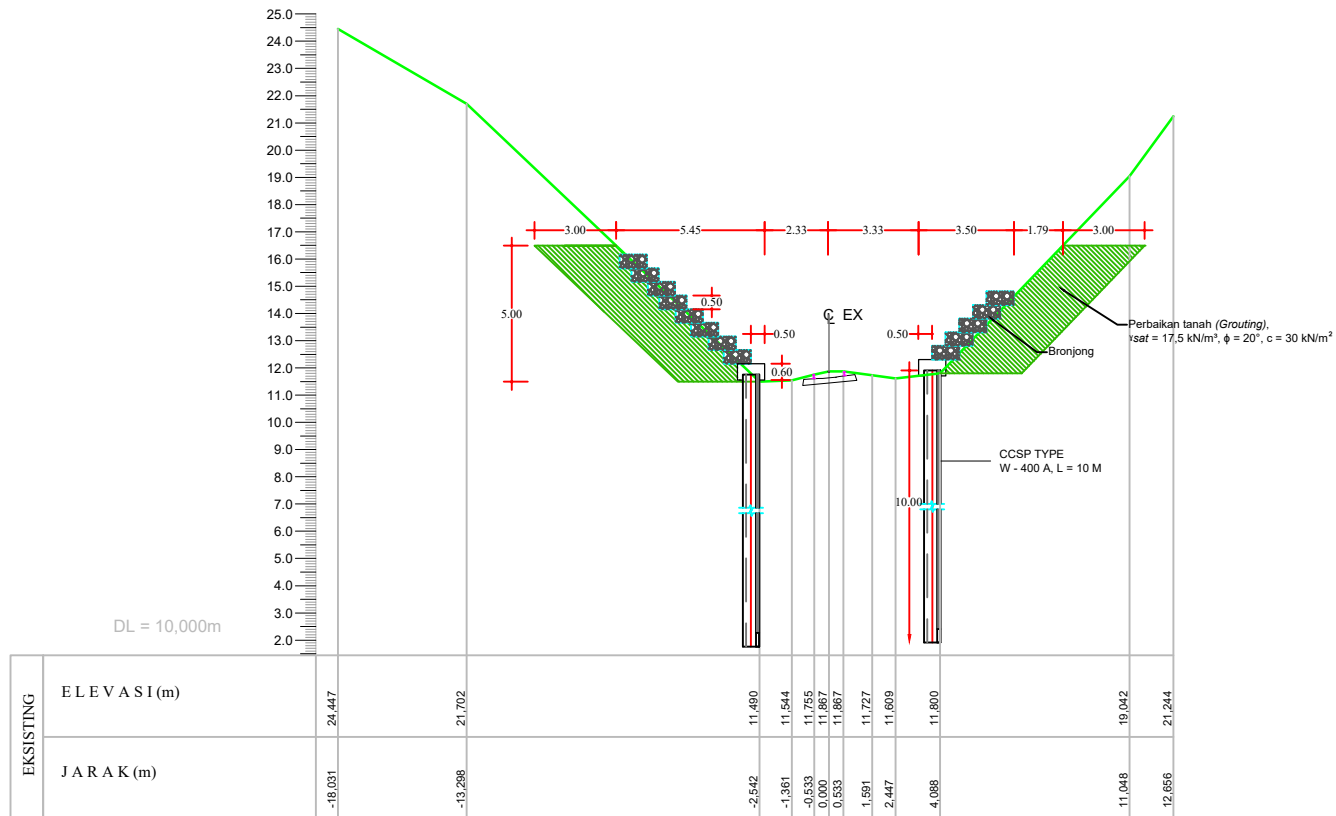
**TUGAS AKHIR 2017**

**GAMBAR**

DETAIL PERKUATAN KONTRUKSI PILE REL OPSI - 1

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 25	13	A4	12

PERKUATAN KM. 25+100 (OPSI - 2)



KETERANGAN

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi,  
DEA

DOSEN PEMBIMBING - II

Musta'in Arif, ST, MT

NAMA & NRP MAHASISWA

RIFQI ERIAN SAHARA

3113100149

JUDUL PEKERJAAN

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN  
DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH  
OPERASI IX JEMBER PADA STA.  
SEMPOLAN KM. 12+600 - 12+700 & KM.  
14+300 - 14+800, STA. KALIBARU KM.  
32+000 - 32+100, STA. GARAHAN KM.  
24+800 - 25+400 PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION  
KM. 25+100  
PERKUATAN OPSI-2

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 200	13	A4	13



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It,2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev.01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Herman Wahjudi, DEA
NAMA MAHASISWA	: RIFQI ERIAN SAHARA
NRP	: 3113100149
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAOP IX JEMBER PADA STA 12+600 - 12+700 DAN STA 14+300 - 14+800
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	15 April 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>olah data tanah.</li> <li>Korelasi sendiri dengan parameter tanah seperti : turap grouting counterweight cerucok</li> <li>metode teknik multikriteria bila dari 4 alternatif hanya 1 saja yang di DEDkan.</li> </ol>		
2.	2 Apr 2 Mei 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>cari korelasi dari konus - SPT utk jenis tanah dominan lanau.</li> </ol>		
3.	5 Mei 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>jenis tanah pakai grafik saja.</li> <li>rekomendasi korelasi konus - SPT pilih literature sendiri.</li> </ol>		
4.	9 Juni 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>STA Semolan km. 12+600 mempunyai 4 alternatif perkuatan kombinasi, dan analisa plaxis telah selesai</li> <li>STA Semolan km. 14+800 mempunyai 2 alternatif perkuatan dan analisa plaxis telah selesai</li> <li>Tambah analisa pola geometri jalur kereta yang diapit oleh 2 lereng. yaitu: - km. 32+000 - 32+100 - km. 24+800 - 25+100</li> </ol>		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>Tidak perlu menghitung analisa perkuatan secara manual, cukup dengan plaxis saja.</li> </ol>		





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Mustain Arif, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: RIFA'I ERIAN SAHARA
NRP	: 3113100149
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN DAN LERENG JALUR KERETA API DAERAH OPERASI 1x JEMBER PADA KM. 12+600-12+700, KM. 14+300-14+600, KM. 32+00-32+600 & KM. 24+000-25+100
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	13 April 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>Olah data tanah</li> <li>Korelasi sondir ke N-dPT</li> <li>Pelajari "Untrained Behaviour" Plaxis</li> </ol>		<i>Muti</i>
2.	27 April 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>Hasil "Runny" km. 12+600 collapses terus</li> <li>Cek geometri ballast</li> <li>Cek parameter ballast, sub-ballast dan tanah dasar</li> </ol>		<i>Muti</i>
3.	10 Mei 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>Korelasi data tanah koreksi kembali seperti: <math>\gamma_{sat}</math>, E, c, dan <math>\phi</math></li> <li>Cek parameter perkuatan: bronjong, turap rel, turap beton, grouting, counterweight.</li> </ol>		<i>Muti</i>
4.	31 Mei 2017	<ol style="list-style-type: none"> <li>Grout <ul style="list-style-type: none"> <li>E = 15000 kN/m<sup>2</sup></li> <li>c = 30 kN/m<sup>2</sup></li> <li><math>\phi = 35^\circ</math></li> </ul> </li> <li>Bronjong <ul style="list-style-type: none"> <li>pake "Linear Elastic"</li> <li>Non-porous</li> <li>EA = 75000</li> </ul> </li> <li>Untuk pile dari rel kereta api menggunakan E kombinasi:  <math display="block">E_{kmb} = \frac{E_{tanah} \times A_{tanah} + E_{rel} \times A_{rel}}{(A_{tanah} + A_{rel})}</math> </li> </ol>		<i>Muti</i>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Mustain Anif, S.T.MT
NAMA MAHASISWA	: RIFAI ERIAN SAHARA
NRP	: 3113100149
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUHAN DAN LERENG JALUR KEPEKA API DAERAH OPERASI 1K JEMBER PADA KM. 12+600-12+700, KM. 14+800-14+900, KM. 32+000-32+100, & KM. 24+800-25+400.
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5.	2 Juni 2017	<p>1. STA-Sempolan KM.12+600 mempunyai 4 alternatif perkuatan, yaitu:</p> <p>opsi-1: 4 pile rak A (11 m) + Bronjong + grouting + counter weight</p> <p>opsi-2: 6 pile rak K-A + Bronjong + Grouting</p> <p>opsi-3: 2 Turap CCS (2m) + grout + counter weight</p> <p>opsi-4: 2 Turap CCS (15) + Grouting</p> <p>2. STA sempolan KM 14+800 mempunyai 2 alternatif perkuatan:</p> <p>opsi-1: 2 cerucuk spunpile (6m) + counterweight + bronjong grout</p> <p>opsi-2: Turap cesp (10m)</p>		<i>Mu</i>
6.	13 Juni 2017	<p>1. Perbaiki format penulisan</p> <p>2. Buat tabel rekapitulasi analisa timbunan dan lereng setelah diberi perkuatan.</p>		<i>Mu</i>
7	15 Juni 2017	<p>1. Asistensi gambar perencanaan.</p>		<i>Mu</i>

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Rifqi Erian Sahara, dilahirkan di Kota Pekanbaru pada tanggal 16 Agustus 1996. Penulis merupakan anak pertama dari 4 (empat) bersaudara, pasangan dari Syamsul Bakhri, S.P dan Nurhasanah Saily, M.Pd.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 042 Pekanbaru dan lulus pada tahun 2008, kemudian SMPN 4 Pekanbaru dan lulus pada tahun 2010, kemudian SMAN 1 Pekanbaru dan lulus pada tahun 2013. Lalu penulis melanjutkan pendidikan Sarjana di Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya terdaftar dengan NRP 3113 100 149 dan lulus pada tahun 2017.

Di jurusan Teknik Sipil ITS penulis merupakan mahasiswa program Sarjana (S1) dengan bidang fokus Geoteknik.

***Rifqi Erian Sahara (Mr.)***

*Civil Engineering Student*

*Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya*

[rifqierian@gmail.com](mailto:rifqierian@gmail.com)

(+62)821 4102 8796